LA NATURE

REVUE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS



COPAN, MÉTROPOLE DE L'ANCIEN EMPIRE MAYA

Tête de Yum Kax, le Dieu de la Moisson (*Photo* Gabrielle Martin).

N° 3234 – Octobre 1954 Revue mensuelle Le Numéro : 200 francs

Actualités et informations

Projet d'assèchement du Lac Noir, au Canada

L'Industrie chimique annonce qu'au Canada on projette l'assèchement du Lac Noir, qui couvre près de 1 000 km² sur le 60e parallèle ; les sondages pratiqués ont révélé la présence, au-dessous des eaux, d'un amas de roches amiantifères évalué à 150 millions de tonnes. La concession pour l'extraction de l'amiante a été donnée à l'United Asbestos Corporation et à la Loke Asbestos, qui sont les filiales canadiennes de l'American Smelting.

* * *

A la dernière Conférence internationale des grands réseaux électriques il a été souligné que la tension maximum économique pour les transports de force en courant alternatif ne doit pas dépasser 400 000 V ; au delà, le prix des isolements croîtrait de façon prohibitive. Un certain nombre de grandes lignes aériennes d'interconnexion sont prévues pour passer de 275 kV à 400 kV dans un proche avenir.

* * *

La Conférence internationale des grands réseaux dresse un bilan semestriel des progrès de l'Électrotechnique. En 1954, on a commencé à discuter sérieusement la question des centrales atomiques : il semblerait que celles-ci, de toute nécessité très importantes et placées loin des villes, ne doivent pas supplanter les centrales hydroélectriques existantes, mais les compléter pour obtenir un fonctionnement optimum de l'ensemble du réseau interconnecté.

* * *

Nous avons dit (La Nature, *août 1953*) *qu'une première usine pour obtenir de la pâte à papier à partir de la bagasse (résidu du traitement de la canne à sucre) était en construction en Louisiane. On annonce qu'une usine mexicaine située à San Cristobal a commencé une fabrication semblable, à raison de 50 t par jour.*

* * *

Dans la région forestière de l'Amazone, au Brésil, on envisage la création de trois usines géantes pour la fabrication de pâte de bois et de papier. Leur capacité de production totale dépasserait un million de tonnes par an.

SOMMAIRE

Le Salon du Champignon

Comme tous les ans à pareille époque, le « Salon du Champignon » se tiendra au Muséum, dans la Nouvelle Galerie de Botanique, 12, rue de Buffon, du 9 au 17 octobre inclus. Les principales espèces de champignons sauvages, comestibles et vénéneux, y seront présentées ainsi que des documents concernant les champignons destructeurs, la culture des champignons, les antibiotiques, etc.

* * *

L'Organisation européenne de coopération économique annonce la création d'une Association européenne de radio et télévision agricoles, ayant pour objet de développer les relations entre les spécialistes européens de la vulgarisation agricole.

* * *

Des gisements de lignite, évalués environ à 100 millions de tonnes, ont été découverts dans la région d'Asaba (Nigéria occidental) ; environ 25 millions de tonnes pourront être extraites à ciel ouvert.

Inspection par radar des lignes téléphoniques

Un appareillage radar est utilisé en Australie, par la State Electricity Commission, pour localiser les défauts dans les lignes téléphoniques à grandes distances. L'appareil est dénommé « Fault Locater Overhead System ». Il envoie dans les lignes de transmissions une série d'impulsions électriques, et un écho émis du point défectueux permet de mesurer la distance de celui-ci.

* * *

On signale aux États-Unis divers types de poix optique, l'un à base de cire d'abeille naturelle dont l'action de polissage sur le verre est deux fois plus rapide que la cire domestique, les autres fabriqués à partir d'une nouvelle matière de base commercialement inconnue et possédant les qualités des poix habituelles (écoulement à froid, par exemple). Le rouge est recommandé comme agent de polissage avec ces nouveaux produits, la vitesse de polissage étant au moins deux fois plus rapide qu'avec le bioxyde de cérium.

* * *

La Société d'Études, de Recherches et d'Exploitation des Pétroles de Tunisie va installer une station de dégazolinage, par cracking catalytique, pour transformer en gaz de ville le gaz naturel du gisement du Djebel-Abd-er-Rahmane, dans la presqu'île du Cap Bon. La conduite de 63 km qui doit amener le gaz à Tunis sera terminée cette année. Les réserves du gisement sont évaluées à 200 000 000 m³.

* * *

Le fer qui se trouve dans l'acide chlorhydrique commercial et qui lui donne sa couleur jaune peut être éliminé par l'emploi d'échangeurs d'ions. On obtient un acide incolore, mais les sulfates et l'acide sulfurique ne sont pas éliminés.

* * *

Un laboratoire souterrain de rayons cosmiques et de recherches atomiques est en construction à l'Université de Sydney, à 15 m au-dessous du sol. Cette profondeur a été choisie pour éliminer les protons et électrons et ne recevoir que les mésons de grande énergie.

LA NATURE

Revue mensuelle

DUNOD, Éditeur

92, rue Bonaparte, PARIS-6e

C. C. P. Paris 75-45 — Tél. DAN. 99-15

ABONNEMENTS 1954

France et Union fse : un an : 2 000 francs six mois : 1 000 francs

Etranger (sauf Belgique et Luxembourg) : un an : 2 500 francs six mois : 1 250 francs

Belgique et Luxembourg : un an : 325 f belges six mois : 163 f belges

Changement d'adresse : 30 F en timbres-poste français ou l'équivalent en monnaie étrangère

N° 3234 Octobre 1954

LA NATURE

COPAN

métropole maya de l'Ancien Empire

De récents événements ont placé momentanément au premier plan de l'actualité Copan, petit village du Honduras à la frontière du Guatemala, jadis florissante métropole de l'Ancien Empire des Mayas, et le plus ancien vestige connu, sinon le berceau, de cette civilisation qui s'étendit sur ce que les archéologues appellent aujourd'hui la Mésoamérique. Roger et Simone Waisbard, que leurs aventures ont conduits dans ces régions, ont détaché quelques notes de leur carnet de voyage et nous rappellent les curieuses circonstances de la découverte de Copan.

★

C'est à son quatrième voyage, en 1502, que Christophe Colomb découvrit le Honduras. La terre ferme qu'il aperçut de l'île de Guanaja dans la Mer des Antilles, n'était autre que la Terre de Maya, comme l'appelaient alors les autochtones, et ce terme qui, selon certains rapprochements, signifierait « sans eau », désignait toute la région englobant le Honduras, berceau de l'Ancien Empire maya, le Guatemala et le Yucatan, siège du Nouvel Empire.

Les Espagnols commencèrent d'abord par nommer ce pays Province de las Hibueras. En effet, les navires avançaient sur les eaux du Golfe littéralement couvertes de calebasses tombées des arbres « hibueros ». Puis les Conquistadores s'aperçurent que, même le long des côtes, ils ne pouvaient sonder les fonds, à cause de leurs profondeurs (honduras) et bientôt tout le pays conquis prit le nom de Honduras qu'il conserva désormais.

Presque partout une végétation quasi impénétrable tapissait les montagnes et le Honduras resta presque inexploré jusqu'à la création de l'aviation. Aujourd'hui, un excellent réseau aérien relie Tégucigalpa, la capitale, aux quatre coins de cette petite république de l'Amérique centrale. Cependant, quantité de forêts restent inconnues, telle celle de la Mosquitia dans laquelle on n'a pas pénétré jusqu'à ce jour.

Avec la découverte des fameuses ruines de Copan le Hon-



Fig. 1. — *Situation de Copan.*



Fig. 2. — *Vue générale aérienne du site de Copan.*

Au centre, au premier plan, on voit le « Jeu de Paume » et, dans son axe, un peu plus près, la statue du héros colonisateur ; au delà, la grande place avec, à gauche, une stèle bien visible devant l'escalier à hiéroglyphes dont on ne voit que la partie supérieure ; à gauche les ruines sont en partie dissimulées dans les arbres ; au fond, le rio Copan.

(*Photo* Gabrielle Martin).



Fig. 3. — *L'aérodrome de Copan.*
(*Photo* Gabrielle Martin).



Fig. 4. — *L'escalier à hiéroglyphes.*
(*Photo* Gabrielle Martin).

duras devint à la fois un centre d'études archéologiques et un lieu de tourisme. Ces ruines furent surnommées « l'Athènes Maya » et il s'ensuivit tout naturellement que le groupement surélevé de ses monuments religieux reçut le nom d' « Acropole ». On peut y admirer les merveilleux vestiges d'une civilisation puissante dont les siècles et les hommes n'ont point réussi à détruire tout à fait les chefs-d'œuvre d'architecture ni à effacer les vestiges d'antiques connaissances astronomiques.

Pour un peu, nous n'eussions même pas eu besoin de quitter Tégucigalpa pour photographier l'Acropole de Copan. Le gouvernement du Honduras, secondé par l'Institut Carnegie, ne s'est pas contenté en effet d'ouvrir un musée où sont groupés les offrandes et joyaux de pierre, d'or et de jade trouvés enfouis sous les autels où les Mayas antiques venaient adorer leurs Dieux tutélaires; la merveilleuse cité archéologique fut reconstituée dans ses moindres détails, dans le « parque Concordia » de la capitale... Là, sans risques ni fatigue, le touriste peut fixer sur la pellicule la fidèle copie de la grande pyramide... Pour peu qu'il ait assez d'imagination, l'étranger peut recréer la grandeur d'une race précolombienne dont la culture fut essentiellement mythologique, dont la science et l'histoire n'ont pu encore être séparées de sa religion. L'Indien du Honduras, comme celui du Guatemala et du Yucatan, vit toujours actuellement dans un espace sacré. Il est resté « imperméable » à l'influence occidentale, malgré quatre siècles de civilisation espagnole. Il parle encore ses dialectes. Il vénère ses dieux antiques et conduit ses cultures selon les normes du plus extraordinaire des calendriers...

Découverte de Copan. — Nous avons pris le petit avion qui assure la liaison entre le monde moderne et la ville morte. Copan se trouve à 137 km de Tégucigalpa, au cœur d'une jungle inextricable resserrée entre des montagnes, à proximité de la frontière du Guatemala. Le rio Copan y serpente et l'Acropole est si près de ses rives qu'on dut en détourner le cours dont les débordements menaçaient les ruines d'une destruction définitive (fig. 2). De-ci, de-là quelques paillotes rondes indiennes, des champs couleur d'or, et à l'infini, les gigantesques forêts.

Pour atterrir dans le champ de maïs qui fait office d'aérodrome (fig. 3) on doit zigzaguer entre plusieurs rochers et des vaches indolentes. Le pilote sert ensuite de guide. On le sent, malgré la routine, fasciné par ces ruines étranges, aux hiéroglyphes mystérieux qu'on n'a que très partiellement déchiffrés. Dans la pierre sculptée des stèles hautes de 3 et 4 m, dont chacune marque la fin d'une période chronologique, dans les frises ciselées avec une extraordinaire sensibilité, sur les murailles dévorées par la sylve au point qu'il fut impossible de reconstituer complètement le plan de la cité, sur les curieux obélisques taillés comme de la dentelle de pierre s'inscrit sans doute toute l'histoire d'un peuple prodigieux.

Longtemps, toute la vie préhistorique et historique du Honduras demeura totalement inconnue. Mais, depuis un siècle, grâce à John Lloyd Stephens qui découvrit Copan et décrivit ses grandioses vestiges avec enthousiasme, de nombreux explorateurs et savants ont commencé à percer l'énigme maya. Combien de cités semblables dorment encore sous la jungle ?

En 1882, l'Anglais Alfred P. Maudslay multiplia ses recherches à Copan. Ses récits publiés à Londres firent connaître ce site archéologique au monde entier. Il fut le premier à expliquer la religion et le symbolisme, la sculpture et l'épigraphie de l'Ancien Empire maya qui connut son apogée à Copan. De 1891 à 1895, nombreux furent ceux qui s'élancèrent sur ses traces : Marshall Saville, John G. Owens, G. Byron Gordon découvrirent à leur tour des cavernes et l'escalier hiéroglyphique de Copan (fig. 4) visitèrent la vallée d'Ulua. Puis en 1913, l'éminent « mayiste » Herbert J. Spinden publia une étude sur l'art maya, fondée sur les sculptures de Copan, tandis que Sylvanus G. Morley mettait dix ans à écrire l'histoire de la « Mère des villes mayas ».

En 1935, des travaux de restauration furent confiés à G. Stromsvik qui étudia le Jeu de Paume (fig. 10) et publia le plan des ruines. En 1939, A. S. Trik décrivit le Temple XXII de Copan. Mais tous ces savants n'étaient pas d'accord sur l'origine des vestiges archéologiques du Honduras. Certains, à l'image de Torquemada, allaient jusqu'à nier l'ascendance maya des habitants de la région et l'on enseigna longtemps dans les écoles du pays que les Mayas n'étaient parvenus que

jusqu'à la frontière avec le Guatemala, c'est-à-dire tout près de Copan.

Or, comme nous l'avons dit, à l'arrivée des Espagnols, soit environ 1 000 ans après l'abandon de Copan par ses habitants, le pays portait le nom autochtone de Terre de Maya... Au cours de ces dernières années, Mgr Federico Lunardi, persuadé que le Honduras entier était maya, décida d'en convaincre la population. Par une campagne de presse qui dura deux ans et sous le pseudonyme de Canway (nom d'un grand prêtre maya du Vieil Empire) qui intrigua non seulement l'élite créole mais la masse, il éveilla la curiosité et l'intérêt de tout un peuple. Ses efforts furent couronnés d'un tel succès qu'ils aboutirent, en 1945, à l'ouverture du premier Congrès archéologique des Caraïbes.

Le Copan de Stephens. — John L. Stephens, qui réussit à devenir propriétaire de cette merveilleuse Acropole, fut aussi le pionnier de ces recherches. Nul avant lui n'en soupçonnait l'intérêt, voire l'existence. Un jour, l'Américain, qui avait déjà parcouru l'Égypte, passionné d'antiquité, trouva un document dont le contenu allait changer le cours de sa vie. C'était un rapport militaire ayant trait aux impôts payés par les Indiens d'Amérique centrale. On y parlait d'une cité sûrement fort ancienne, quelque part perdue dans les sylves voisines du Yucatan mexicain.

Dès lors, Stephens ne connut plus de repos qu'il n'y allât voir. Il lui fallait retrouver ces vestiges ignorés. Grâce à ses relations, il réussit à se faire nommer chargé d'affaires en Amérique centrale, ce qui revenait à mettre une grosse partie des frais de son expédition à la charge du gouvernement des États-Unis. Il partit avec le dessinateur anglais bien connu, Catherwood. Mais le pays à parcourir était alors en révolution et les deux compagnons d'aventures connurent de nombreuses vicissitudes. Finalement ils parvinrent, avec quelques porteurs indiens, à la mystérieuse jungle verte dont Cortez écrivait, 300 ans auparavant, que le soleil n'y pénétrait jamais. Il leur fallut une persévérance inouïe pour triompher du climat exténuant, des lianes épineuses, des insectes... Ils savaient trouver les ruines sur les rives du rio Copan et, le fleuve atteint, ils se heurtèrent à une muraille de pierre en forme de tumulus surmonté de terrasses, de plateformes et de pyramides éboulées. Haut comme une maison, un visage grimaçant, avec deux dents qui mordaient l'herbe, les regardait. Cette tête, qui est vraisemblablement celle de Yum Kax, dieu de la moisson, a été entièrement dégagée (voir la photo de la couverture); elle montre, mieux que toute autre, le rictus maya, qui n'est peut-être pas un sourire mais qui n'en contribue pas moins à la grâce de la sculpture de l'époque.



Fig. 5. — *L'autel aux prêtres astrologues.*
Le « nez long » des prêtres caractérise la sculpture maya de l'Ancien Empire.
(*Photo* GABRIELLE MARTIN).

Derrière l'écran de lianes tranchées apparurent d'autres idoles et, une à une, les quatorze stèles épaisses de presque 1 m, toutes merveilleusement travaillées et peintes encore dans les creux. Des figures souriantes ou des têtes de mort, des hiéroglyphes

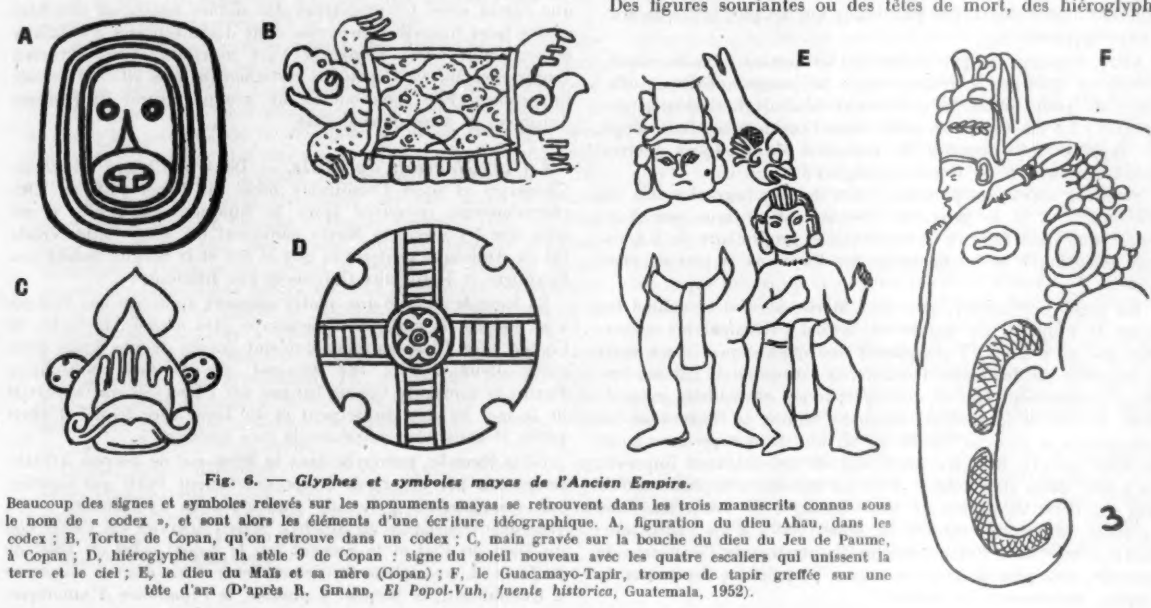


Fig. 6. — *Glyphes et symboles mayas de l'Ancien Empire.*
Beaucoup des signes et symboles relevés sur les monuments mayas se retrouvent dans les trois manuscrits connus sous le nom de « codex », et sont alors les éléments d'une écriture idéographique. A, figuration du dieu Ahau, dans les codex ; B, Tortue de Copan, qu'on retrouve dans un codex ; C, main gravée sur la bouche du dieu du Jeu de Paume, à Copan ; D, hiéroglyphe sur la stèle 9 de Copan : signe du soleil nouveau avec les quatre escaliers qui unissent la terre et le ciel ; E, le dieu du Maïs et sa mère (Copan) ; F, le Guacamayo-Tapir, trompe de tapir greffée sur une tête d'ara (D'après R. GIRARD, *El Popol-Vuh, fuente historica*, Guatemala, 1952).



Fig. 7. — *Porte sculptée de l'Acropole de Copan.*
Le signe du serpent retordu, souvent à deux têtes, est plusieurs fois répété ; en bas, tête de Chac, dieu de la Pluie aux yeux solaires, aux gencives apparentes.

(*Photos* GABRIELLE MARTIN).



Fig. 8. — *Stèles A et B, sur la grande place de Copan.*
Au premier plan, la stèle A, la plus belle, qu'on a datée du début du VIIIe siècle de notre ère ; au second plan la stèle B, portant en haut de chaque côté les guacamayos-tapirs dans lesquels on a d'abord cru voir des trompes d'éléphant.

incompréhensibles ou des sculptures d'oiseaux inconnus, des têtes de géant sculptées en ronde-bosse, la bouche béante et la langue tirée, une frise de prêtres astronomes en grande conférence (fig. 5), le monolithe du calendrier, des mains d'une exquise finesse aux ongles de pierres précieuses, une gigantesque tortue (fig. 6 B) dont la carapace s'ornait des douze symboles des Chacs ou dieux de la Pluie indispensable à la culture du maïs, la magnifique statue du dieu du Maïs à la tête en forme d'épis, tous ces vestiges fascinaient les deux hommes qui les jugèrent « plus élégants et plus beaux que les plus beaux monuments égyptiens ».

Alors, Stephens fut pris de doute : les dessins de Catherwood, dessins si difficiles à réaliser dans la jungle obscure, suffiraient-ils pour qu'on le crût ? Lui faudrait-il rapporter des preuves ? Le rio Copan se jetait dans l'océan mais était coupé de rapides. Permettrait-il le transport de quelques pierres monumentales en de fragiles pirogues ?

Stephens appela ses porteurs, tenta de leur faire ébranler un obélisque.. et il se produisit l'événement quelque peu burlesque qui allait faire de l'Américain le propriétaire de l'Acropole scientifique et intellectuelle des Mayas de la période classique !

Un métis prétentieux, Don José Maria, survint et exhiba les titres de propriété du terrain sur lequel s'élevaient les ruines. Non pas qu'il prêtât à ces pierres une quelconque valeur mais il eût fallu lui demander l'autorisation de pénétrer sur ses terres. Constamment épié et dérangé par cet orgueilleux propriétaire de ruines fabuleuses, Stephens voulut en finir avec les tracasseries et proposa l'achat du terrain. Circonspect, ne comprenant pas du tout les intentions de cet acheteur imprévu, Don José Maria était indécis. Pour en terminer, Stephens revêtit son bel habit de diplomate tout chamarré de broderies. Sous la pluie diluvienne, maculé de boue, coiffé d'un vieux sombrero, l'Américain dut néanmoins au prestige de l'uniforme de devenir, sans plus de tergiversations, propriétaire des ruines de Copan, moyennant 50 dollars !

Stephens et Catherwood allaient désormais pouvoir en toute tranquillité se livrer à leurs études. Ils en déduisirent que Copan dut connaître l'apogée de sa splendeur à l'époque où, au Mexique, la grande Téotihuacan des Toltèques et la Chichen des Itzas commençaient à vivre. C'est à Copan qu'on trouve les plus anciennes représentations de Quetzalcoatl, le serpent à plumes qui, avec les bases de temple en pyramide, le jeu de pelote et la culture du maïs, caractérise l'unité ethnologique de ce qu'on appelle la Mésoamérique ; c'est là qu'on peut imaginer que furent créés les prototypes des statues assises ou couchées et des faces humaines enserrées dans des mâchoires d'animaux féroces dont allait s'emparer l'art mexicain. Sous l'Ancien Empire des Mayas, Copan fut certainement une ville de grande importance. Elle consistait en un groupe central (la fameuse Acropole) et seize dépendances.

La civilisation du Maïs. — Dans le *Chilam Balam* de Chumayel et dans l'admirable bible du *Popol Vuh* de Chichicastenango retrouvée après la conquête espagnole, il est écrit que les premiers Mayas naquirent du Maïs. Cette céréale fut en Amérique centrale ce que le Blé et le Sorgho furent aux Égyptiens et le Riz aux Chinois et aux Hindous.

La légende raconte que quatre animaux apprirent aux Indiens à se nourrir de maïs. Le Guacamayo (*Ara macao*), la Caille, le Coyote et le Chat sauvage jouissent encore de nos jours d'un culte. Deux d'entre eux savaient que le maïs poussait à Paxil (?) « mais le Coyote fut tué par l'Épervier qui apportait de la mer le sang du Serpent et du Tapir avec lequel il allait pétrir le maïs pour perpétuer la race humaine ».

Cette légende, retrouvée dans le Mémorial de Tecpan Atitlan, ne permit pas encore de situer exactement Paxil qui signifierait « maison sur pyramide » ou « colline de l'aliment » (Pa veut dire nourriture en quiché). Mais l'Épervier est l'*alter ego* du Dieu du Ciel et le Serpent (ou le Tapir) celui du Dieu de la Terre. L'accouplement Ciel et Terre allait donner naissance à Quetzalcoatl, le Serpent à plumes, le Prométhée d'Amérique.



Fig. 9. — *La stèle H de Copan.*
Attribuée à la fin du VIIIe siècle, cette stèle représenterait la déesse Comitzahua dont la jupe ornée de losanges et les jaguars stylisés sont symboles de féminité ; comme les autres stèles, elle fermait une tombe où furent retrouvés plus de cent perles de jade, des conques marines, des poteries, un bouton d'or et de cuivre, des os rougis, etc.



Fig. 10. — *Le Jeu de Paume de Copan.*
Au fond, la statue du héros colonisateur ; de chaque côté, en haut des plans inclinés qui bordent la branche centrale du T, trois têtes de guacamayos sacrés ; au premier plan à droite, l'escalier à hiéroglyphes devant lequel s'érigeait une stèle.
(*Photos* Gabrielle Martin).

La stèle B de Copan (fig. 8) prêta d'abord à confusion. Certains voulurent y voir gravée une trompe d'éléphant. C'est tout simplement la stylisation tourmentée d'un guacamayo muni d'une trompe de tapir (fig. 6 F).

L'origine du Maïs se prêtait d'autant mieux à une légende religieuse que, contrairement aux céréales de l'Ancien Monde, on ne retrouve à l'état sauvage aucune plante assez voisine pour en figurer l'ancêtre possible. Quoi qu'il en soit, c'est de la culture du maïs que naquit l'économie maya et sa prodigieuse civilisation. A Copan, un grand prêtre étudiait les astres et fixait le jour favorable aux semailles, qui devaient être terminées à une date équivalant à la fin de mai.

On peut supposer que de nombreuses figures de la sculpture maya symbolisent des particularités de la culture du Maïs. Ainsi, on nous dit qu'il faut cinq jours au maïs du Honduras pour sortir de terre, et deux escaliers de cinq marches mènent, à Copan, au piédestal de la grandiose statue de Hunahpu, dieu du Maïs... Hunahpu dut être un grand chef maya-quiché déifié après sa mort comme le furent Quetzalcoatl et Kukulcan. L'effigie de pierre du héros civilisateur est une véritable œuvre d'art qui domine le fameux « Jeu de Paume » (fig. 10) dont nous reparlerons plus loin. Jeune, imberbe, beau et gracieux, Hunahpu porte la main devant la bouche et ses cinq doigts écartés symboliseraient encore les cinq jours de la germination de la céréale. A la saison, il devenait un dieu solaire dont il porte le glyphe (fleur à quatre pétales) sur la poitrine. Les yeux de l'idole monumentale fixent à jamais les six guacamayos rouges qui symbolisent les rayons du soleil levant. Dans plusieurs haciendas, il nous fut donné de voir ces aras couleur de feu et les Indiens nous dirent que les oiseaux sacrés étaient le « travesti » du soleil.

Ces six statues flanquent le patio du Jeu de Paume. Trois par trois, elles délimitent entre elles le passage du soleil d'est en ouest, au-dessus de l'Acropole, et divisent ainsi le ciel en deux parties égales (ciel clair du jour et ciel obscur de la nuit, d'égale durée sous les Tropiques).

Partout encore à Copan, sur les murs, sur les stèles, apparaissent les curieuses têtes d'Ahau (fig. 6 A), symboles du dieu solaire qui porte un rayon en guise de nez, des perles à la place de dents et d'yeux, et une demi-lune à la place de la bouche. Enfin, les stèles H (fig. 9) et 13 montrent le glyphe lunaire que l'on retrouve brodé sur les corsages des femmes mayas-quichés du village proche.

Le Jeu de Paume. — Le « Juego de Pelota » se trouve dans la plupart des centres religieux de l'aire maya (Mexique, Guatemala et Honduras, soit environ 325 000 km²). Mais de par l'abondance des patios qu'il découvrit au Honduras, Mgr Lunardi déduisit que ce jeu fut pratiqué en ce pays bien avant qu'il ne fût connu ailleurs en Amérique centrale.

Celui de Copan (fig. 10) est en tout cas l'un des plus importants. Récemment reconstitué, on trouva sous son emplacement, les vestiges de deux autres jeux beaucoup plus anciens. Tous trois ont la forme d'un T majuscule orienté nord-sud de façon que le soleil ne l'éclaire pas de face mais latéralement. Des massifs de maçonnerie élevés de plusieurs mètres et longs d'une trentaine de mètres le délimitent. Deux devraient porter au milieu, face à face, des anneaux de pierre sculptée d'une ouverture d'environ 30 cm, comme on en a retrouvé ailleurs (fig. 11). A chaque extrémité existait un temple dressé sur un tumulus et de chaque côté des habitations sans doute destinées aux joueurs ainsi qu'un bain. Le tout formait un vaste rectangle.

On sait assez peu de choses sur le jeu des Mayas, sinon que ce n'était pas un simple passe-temps. C'était un moyen de divination, l'issue du jeu fournissant des présages. On dit que la façon dont se joue encore la « pelota », à Nayarit, au Mexique, est une survivance des temps précolombiens.

Le Popol Vuh explique le symbolisme maya et établit un parallèle entre les mouvements des joueurs et les évolutions des dieux qui « des angles de l'univers convergent vers le centre » (patio du jeu). Les joueurs divisés en deux camps étaient vêtus d'habits de gala et portaient les insignes solaires. Deux par



Fig. 11. — *Jeu de Paume de Chichen-Itza (Yucatan).*
On voit au premier plan, à plusieurs mètres au-dessus du sol, l'anneau de pierre dans lequel devait passer la balle ; au fond, les ruines d'un temple.



Fig. 12. — *Une stèle et un fragment de sculpture au milieu des ruines de Copan.*
(Photos Gabrielle Martin).

deux, ils gagnaient le centre du patio et, tous réunis, ils figuraient le dieu agraire à une seule tête. En aucun cas, ils ne devaient toucher la balle avec la tête, les bras ou les pieds, la balle symbolisait alternativement la tête de chacun des dieux et des jours. Ils devaient frapper la balle avec leur hanche pour la faire passer dans les anneaux de pierre, ce qui était malaisé et rendait la réussite fort rare. Le mouvement de la balle imitait la trajectoire du soleil, selon les illustrations des fresques peintes sur certains monuments et sur les pages des codex mésoaméricains. Sur l'un de ces documents, on a cru distinguer un vainqueur qui se jette sur un spectateur et s'empare de sa parure de plumes et de ses bijoux.

En tout cas, le meilleur enseignement qu'on en peut tirer, indéniable celui-là, est que le jeu de pelota impliquait pour les Mayas la découverte du latex et du procédé de coagulation qui permettait la confection des balles en caoutchouc. Le caoutchouc (*ulli* en Aztèque, dont les Espagnols ont fait *hule*) était tiré des exsudations de plusieurs arbres d'Amérique centrale, de la famille des Moracées, principalement le *Castillea elastica* et des *Ficus*.

Le rouge de Copan. — Il nous reste à parler du fameux rouge de Copan. Nous avons dit que dans les interstices des sculptures apparaissait la couleur. Mais partout dans les tombes de pierre taillée qui entouraient l'Acropole on découvrit une grande quantité de poteries du plus beau rouge brillant connu sous le nom de copador. On en chercha longtemps la formule et certains pensèrent que ce rouge étonnant était un sulfure de mercure (cinabre) mêlé à du graphite. D'après Mgr Lunardi, ce n'est qu'un oxyde de fer (hématite) qui contient des paillettes de mica et qui fut simplement délayé dans l'eau.

Nous avons vu en effet les potiers des villages façonner les jarres rondes comme la lune et les peindre de rouge à la manière de leurs ancêtres, mais d'un rouge sans éclat. Où les alfareras de Copan puisaient-elles le magnifique minerai ? La tradition s'est perdue, comme se sont perdus les livres d'or et le secret des hiéroglyphes qui, de Copan à Tula en passant par le Yucatan, le Chiapas et l'Anahuac, dans les pierres des pyramides géantes, gardent jalousement l'histoire d'une civilisation admirable.

R. et S. Waisbard.

L'industrie frigorifique française

La Chambre syndicale des constructeurs de matériel frigorifique français a publié les données statistiques suivantes qui montrent la progression de l'équipement en notre pays :

	1938	1952
	—	—
Matériel ménager (machines)..........	10 000	180 000
Matériel commercial (machines)........	3 500	28 000
Matériel industriel (compresseurs).....	300	450
Capacité en frigories/heure............	20 000 000	55 000 000

Le nombre des entreprises de construction est aujourd'hui de 75 ; leurs usines emploient 6 500 ouvriers et employés.

Peinture ultra-résistante

Une maison américaine fabrique une peinture plastique composée de polymères thermoplastiques inertes et de pigments résistant à la lumière, à la chaleur et à la corrosion, dilués dans des solvants organiques ininflammables appropriés. Cette peinture résiste aux acides organiques et aux alcalis inorganiques concentrés, aux fumées corrosives et à l'eau bouillante ; elle est appliquée à froid pour protéger les surfaces en matériaux divers : bois, carton, amiante et ciment, pierre savonneuse, briques, métal ; ne nécessitant pas de couche de base, elle peut être employée directement sur des surfaces propres. Les surfaces recouvertes avec cette peinture peuvent être nettoyées au pétrole pour enlever les graisses, caoutchouc et huiles ; tout détergent de qualité enlève la plupart des souillures d'origine chimique.

L'utilisation des très basses chutes par les groupes monoblocs immergés

L'augmentation des besoins en énergie électrique à un taux régulier de 7 pour 100 à 10 pour 100 par an est, dans les conditions actuelles, une véritable loi économique. Pour faire face à l'accroissement de la demande, il faut constamment projeter et construire de nouvelles centrales thermiques et de nouvelles centrales hydrauliques, dont la production sera absorbée avant que l'énergie atomique commence à apporter son appoint.

Où pourra-t-on établir les prochaines centrales hydro-électriques ? Les équipements classiques de haute chute (fig. 1) et de moyenne chute (fig. 2) ont encore de larges perspectives; mais les équipements les plus rentables sont déjà réalisés. Les équipements de basse chute (fig. 3) se multiplient, mais leur prix de revient est relativement élevé. Il existe encore d'autres sources possibles d'énergie hydraulique : les marées pourraient fournir dans les baies à forte marée et certains estuaires un contingent d'énergie considérable, au prix de travaux gigantesques; d'innombrables rivières de plaine sont coupées de chutes de très faible hauteur et de faible débit; les barrages existent, ils sont entretenus pour les besoins de l'irrigation ou de la navigation, et sur chacun pourrait s'implanter une « micro-centrale »; leur nombre étant très élevé, la puissance totale disponible, déjà recensée par l'Électricité de France, est énorme à l'échelle même des prochains besoins.

Limites de la technique classique. — L'usine classique de moyenne chute et celle de basse chute sont d'une structure analogue : elles sont constituées de groupes à axe vertical; la turbine est dans sa bâche où l'eau arrive horizontalement et d'où elle s'échappe par en dessous, verticalement d'abord. L'alternateur est au-dessus, dans une véritable usine (fig. 2 et 3). L'application de la technique de la moyenne chute à la basse chute ne peut être étendue à la très basse chute. On est passé des 16 m de chute de Kembs aux 10 m de Seyssel; on ne peut extrapoler la même structure aux 5 m de hauteur de chute que donnerait un équipement à double effet de la baie du Mont Saint-Michel ou aux 2 à 3 m de dénivellation de certains barrages de rivière.

Dans ces derniers cas, les hauteurs de chute et les débits sont tels que la section de passage de l'eau dans les turbines doit être une fraction encore jamais atteinte de la surface du barrage; le barrage devient une simple ossature supportant les vannes et les turbines.

On ne peut envisager d'installer une véritable usine, abritant la rangée des alternateurs, en pleine mer, sur presque toute la longueur d'un barrage reliant les îles Chausey à Granville et à Cancale, sur plus de 20 km de long par des fonds de 20 m de consistance médiocre. Sur les fleuves de plaine, des usines classiques constitueraient un obstacle relativement élevé, obstruant le passage de l'eau et s'opposant à l'évacuation des crues; une solution était de surélever l'usine en écartant l'alternateur de la turbine, de façon à laisser place, au niveau de cet intervalle, à un évacuateur de crue; mais cette solution est peu satisfaisante pour les très basses chutes. Enfin, sur les rivières, il faudrait totalement renoncer à utiliser les barrages existants, dont précisément l'existence constitue le principal attrait de ces chutes au point de vue économique.

Principales caractéristiques des groupes immergés. — Fallait-il donc classer l'énergie des très basses chutes avec l'énergie des vagues et quelques autres mettant en jeu des puissances considérables, mais trop coûteuses à équiper pour être rentables ? Fallait-il renoncer à les utiliser ?

Dans l'industrie, il est indiscutable que souvent « le besoin crée l'organe »; c'est ainsi que M. Guimbal, professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne, que ses travaux sur les usines marémotrices avaient conduit à imaginer dès 1944 un procédé de

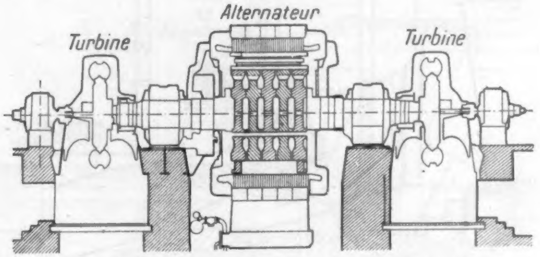


Fig. 1, 2 et 3. — *Coupes schématiques de groupes hydroélectriques.*
En haut à gauche : groupe de haute chute (Génissiat), 90 000 ch à 150 t/mn ; *en haut à droite :* groupe de moyenne chute (Kembs), 36 000 ch à 94 t/mn ; *en bas :* groupe de basse chute (Malgovert), 105 000 ch à 428 t/mn.
(D'après le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*).

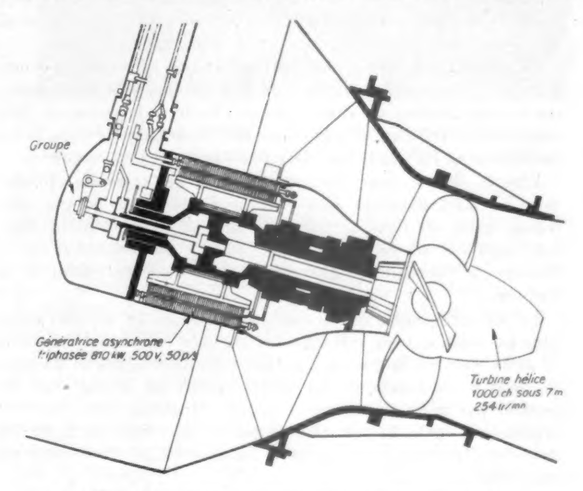


Fig. 4. — *Coupe d'un groupe monobloc immergé.*

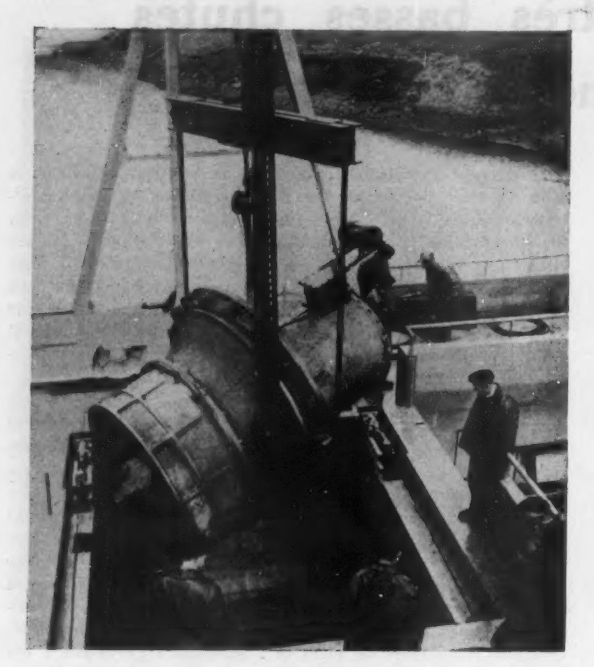


Fig. 5. — *Mise en place d'un groupe à Castet.*
(Photo C. Roux).

construction et de mise en place des barrages en pleine mer, et un moyen d'accorder les variations de production (cycle journalier, cycle lunaire) des usines marémotrices avec les variations de la demande (cycle journalier et hebdomadaire), devait, après de longues recherches, concevoir et réaliser les *groupes hydroélectriques monoblocs immergés.*

Ils résultent de la réunion en un ensemble compact d'un alternateur étanche de faible diamètre empli d'huile, et d'une turbine à écoulement axial, fortement imbriqués et formant un bloc facile à mettre en place (fig. 4). Tout cet ensemble fonctionnant au sein de l'eau, l'usine devient inutile.

Le refroidissement de la partie fixe, bien serrée contre le carter étanche, se fait en grande partie par l'eau ambiante. Mais les têtes de bobine et le rotor sont refroidis par la circulation de l'huile dont l'alternateur est empli sous faible pression.

La présence de cette huile constitue une originalité remarquable et conduit à faire une étude nouvelle de l'alternateur, car la transmission de chaleur entre l'huile et le métal est très supérieure à celle qu'assurent l'air ou l'hydrogène utilisés habituellement et les conditions de refroidissement sont changées.

L'huile circule dans l'entrefer et dans des trous de circulation de faible diamètre sous l'action d'une petite pompe centrifuge calée sur l'axe de l'alternateur; elle va se refroidir dans une calotte à ailettes située sous l'arrivée du courant d'eau à l'amont de l'ensemble, l'alternateur étant placé en amont de la turbine.

Le refroidissement obtenu est surabondant; ce ne sont donc plus les conditions de refroidissement, mais celles du rendement et de la stabilité électrique qui fixent les dimensions et les proportions de la machine. On peut admettre un dégagement de chaleur par unité de surface d'entrefer beaucoup plus élevé et, à puissance égale, le diamètre adopté est de l'ordre de la moitié de celui d'une machine classique. La sécurité de l'isolement est améliorée.

En outre, l'huile empêche les rentrées d'eau et assure le graissage des paliers; il est inutile de prévoir une pompe d'évacuation des rentrées d'eau et une pompe de circulation de l'huile de graissage. La puissance absorbée par la pompe de circulation d'huile n'est que le quart de celle qu'absorberait un ventilateur; mais les pertes par laminage et turbulence de l'huile dans l'entrefer, quoique modérées grâce au faible diamètre et à la faible vitesse de rotation (puisqu'il s'agit de très basses chutes) absorbent un peu plus que la différence.

D'autre part, l'augmentation de la perte par effet Joule dans les encoches résultant de la réduction des dimensions est compensée par une diminution des pertes dans les têtes de bobine, dans le fer des dents et dans les paliers.

La longueur de l'alternateur et la forme du groupe sont favorables à un bon écoulement et à un bon rendement hydraulique.

En définitive, en s'imposant la condition d'arriver à 1 pour 100 près au même rendement que dans les installations classiques, on peut, à puissance égale, réduire des trois quarts le volume de l'alternateur. L'alternateur asynchrone d'un groupe immergé de 1 100 ch a le même encombrement qu'un alternateur asynchrone de conception classique, tournant à la même vitesse, d'une puissance de 100 ch du type blindé ou de 150 ch du type protégé.

La proportion des parties nobles (cuivre, isolant, dentures du circuit magnétique) est plus élevée, si bien que la diminution de prix ne correspond pas entièrement à la diminution de volume. Mais l'allègement obtenu est sensationnel et la question se pose d'une application des machines électriques emplies d'huile à d'autres machines à régime lent.

Alors qu'en construction classique on peut accéder sans démontage aux parties délicates, paliers et joint d'étanchéité en particulier, il n'est pas possible d'accéder aux différents organes des groupes immergés, mais la description qui précède montre que la sécurité de fonctionnement est très grande.

Laissons de côté les problèmes d'emplacement relatif de la turbine et de l'alternateur, d'emplacement des paliers, le dispositif de variation de pas des pales de la turbine, et examinons maintenant les réalisations.

Les centrales de Castet et de la Maignannerie. — Parmi les touristes qui sont passés depuis l'été de 1953 à proximité du barrage de Castet (sur le gave d'Ossau, affluent du gave

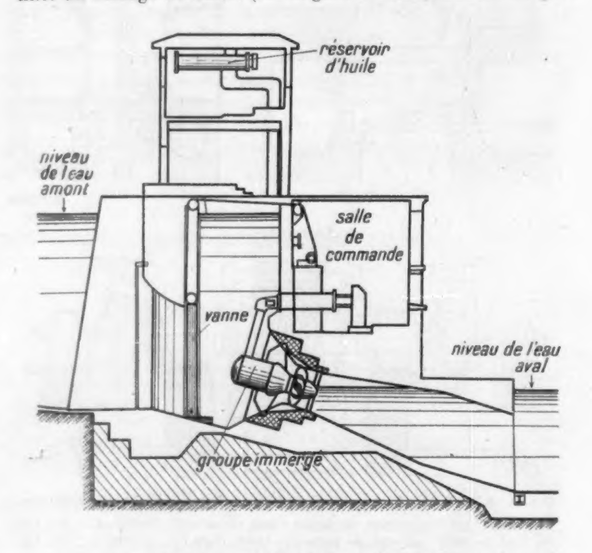


Fig. 6. — *Coupe du barrage de Castet, montrant l'un des groupes immergés.*



Fig. 7. — *Vue aérienne du barrage de Castet.*

de Pau), bien peu sans doute auront été frappés de l'aspect inhabituel de cette centrale (fig. 5 à 8).

La S. N. C. F. devait faire construire à Castet un barrage de compensation pour régulariser les éclusées des usines d'amont qui gênaient les riverains; la retenue ne pouvait dépasser 7 m pour ne pas noyer le village de Castet; le barrage devait être construit à titre de servitude du barrage du Hourat (40 000 kW), même s'il n'était pas rentable à lui seul.

La chute, de 7 m, a un débit de l'ordre du million de mètres cubes par jour. Elle est équipée de deux groupes immergés de 1 100 ch chacun, la tension est de 500 V, le rendement est de 92 pour 100 à pleine charge, de 93 pour 100 aux trois quarts de charge.

Par un paradoxe plus apparent que réel, c'est donc dans un barrage de compensation en montagne qu'ont été installés sur un barrage construit spécialement et que fonctionnent depuis des mois des groupes conçus pour les usines marémotrices et les barrages à très basses chutes des fleuves et rivières de plaine.

La centrale de Castet est le fruit de la collaboration de la Direction du service électrique de la S. N. C. F. pour le génie civil, de l'Alsthom pour l'alternateur, et de Neyrpic pour la turbine. Leurs efforts et leurs études ont été guidés et coordonnés par M. Guimbal.

Mais d'autres groupes sont en service ou en cours de réalisation. L'un des plus intéressants est celui qui équipe une microcentrale automatique sous 1,80 m de chute à la Maignannerie dans la Mayenne. Ce groupe qui fonctionne depuis la fin 1953 est disposé dans un siphon dont l'amorçage est assuré par une petite pompe à vide; le désamorçage permet l'arrêt de l'installation. Le siphon est au-dessus du barrage : cette disposition précieuse sera généralisée pour l'équipement des barrages existants (fig. 9).

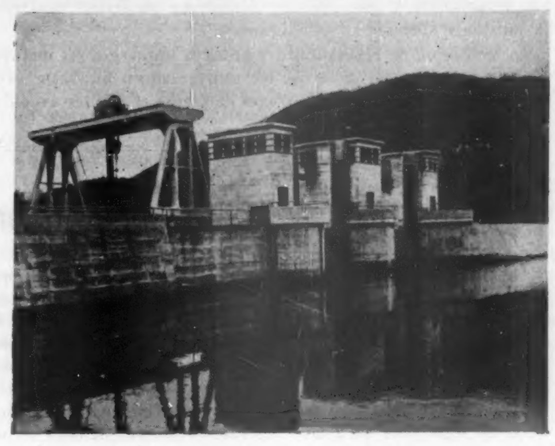


Fig. 8. — *Le barrage de Castet vu de l'amont.* (Photo C. Roux).

L'avenir des groupes immergés. — L'économie réalisée sur les travaux de génie civil et de construction d'usine est considérable; il faut y ajouter dans certains cas l'utilisation du barrage existant; pour le groupe immergé, la construction en série permettra d'abaisser considérablement les prix de revient. Ils s'y prêtent beaucoup mieux que les groupes classiques pour lesquels on doit toujours prévoir un transport en pièces détachées et un laborieux montage sur place.

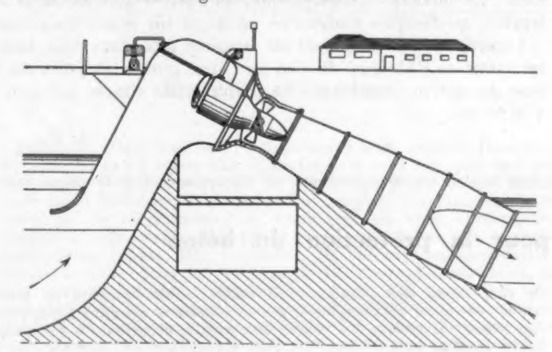


Fig. 9. — *Coupe du barrage de la Maignannerie.*

Une gamme relativement restreinte de groupes standards, étudiés pour être construits en série (c'est déjà le cas des groupes de Castet et de la Maignannerie), interchangeables, montés en usine jusqu'à une puissance de plus de 10 000 ch, doit permettre d'équiper les chutes de 2 à 3 m jusqu'à 10 et 15 m de hauteur, d'une puissance allant de quelques dizaines jusqu'à quelques dizaines de milliers de chevaux. Les groupes de chaque

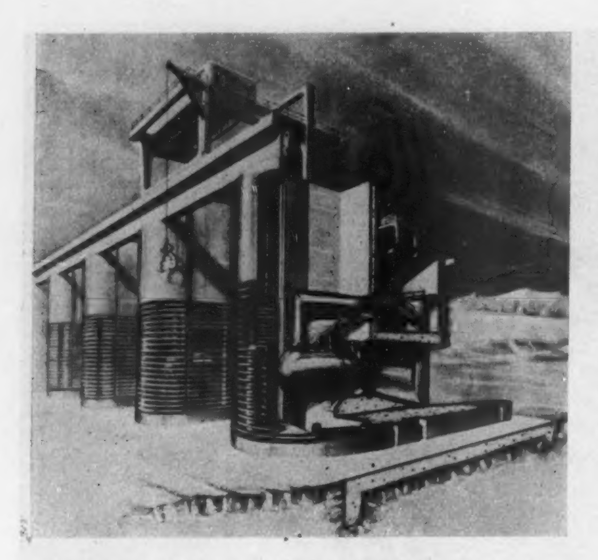


Fig. 10. — *Projet d'installation de très grande puissance pour l'estuaire d'un fleuve ou pour une usine marémotrice.*
Les groupes sont disposés dans des piles entre lesquelles se trouvent les vannes.

usine étant interchangeables, un « échange-standard » permettra de procéder à leur révision périodique en atelier sans que la puissance disponible soit diminuée.

La technique de réalisation des groupes immergés est maintenant assez au point pour qu'on puisse lancer un vaste programme d'équipement des barrages de plaine et réaliser avec des frais limités une augmentation rapide de la production d'énergie électrique. Si même une diminution de 40 pour 100 d'un prix de revient de production de 2 à 3 francs par kWh, mais portant seulement sur les installations nouvelles, ne se répercute qu'insensiblement sur les prix à la consommation et ne ramène pas le prix du kWh industriel au niveau de nos concurrents étrangers, elle permet, à volume égal d'investissements, de doubler presque l'augmentation de production, et par conséquent d'éviter le retour aux restrictions de consommation.

Mais le grand avenir des groupes immergés doit résider dans leur application aux usines marémotrices, pour lesquelles ils ont été conçus. Leur seul handicap serait leur nouveauté, si l'on craignait le progrès dans les bureaux de recherche !

L'usine marémotrice de la Rance, malgré son importance, a été conçue d'abord comme modèle réduit et centre d'expérimentation pour le projet de la baie du Mont Saint-Michel, à une époque où les groupes immergés n'étaient connus que de quelques initiés. Il semble logique de l'équiper en partie avec des groupes immergés. On pourra ainsi comparer les frais d'installation et les conditions de fonctionnement et d'entretien et décider en toute connaissance de cause de la formule la plus économique pour la baie du Mont Saint-Michel.

S'il faut prévoir une étape intermédiaire entre les 1 100 ch de Castet et les groupes d'usines marémotrices, il s'en suivra un délai supplémentaire. Mais n'avons-nous pas vu dans tous les grands ouvrages l'installation des groupes s'échelonner sur plusieurs années ? A Génissiat, le premier groupe a tourné le 17 mars 1948, le cinquième le 12 septembre 1951 et le sixième groupe n'est pas encore installé.

Quelques mois de plus passés aux dessins d'exécution, c'est peu de temps pour des projets qui s'étendent sur des dizaines d'années. Et, si l'équipement hydroélectrique du Mont Saint-Michel se fait un jour, il se fera avec des groupes monoblocs immergés.

Robert Granboulan.

La mesure de l'arc de méridien du Cap au Caire a duré 70 ans

Une information officielle de l'Afrique du Sud nous a appris qu'un grand travail scientifique entrepris en Afrique vient d'être mené à bien après 70 ans de travail. Il s'agit de la mesure de l'arc du 30e méridien de l'hémisphère oriental compris entre Le Cap et Le Caire. L'annonce en a été faite par le colonel sud-africain H. A. Baumann, directeur des levées trigonométriques. Les mensurations se sont terminées au début du mois de juillet, et il ne reste plus qu'à faire les calculs finaux. Ceux-ci seront terminés à la fin de l'année par une calculatrice électronique, aux États-Unis.

De nombreux gouvernements ont collaboré à la mesure de cet arc de méridien, le plus grand qui ait jamais été mesuré. Les travaux furent commencés par le gouvernement du Cap à l'initiative de Sir David Gill, qui était venu à l'Observatoire royal du Cap en 1879.

Le gouvernement égyptien avait accepté de commencer les mesures de l'arc du 30e méridien à son extrémité égyptienne. Les travaux furent poursuivis par intervalles aux deux extrémités jusqu'à ce qu'il ne restât plus qu'une brèche de quelque 1 000 km dans le sud du Soudan anglo-égyptien.

Après la deuxième guerre mondiale, l'Afrique du Sud souleva la question de la reprise des travaux au cours de deux conférences des pays du Commonwealth, et l'administration soudanaise, les services cartographiques de l'armée américaine et les services géodésiques américains en firent un projet coopératif.

Lorsque les calculs auront été terminés aux États-Unis, toutes les cartes de l'Afrique, du Cap au Caire, seront intégrées sur la base du système continental de triangulation simple entrepris il y a 70 ans.

L. P.

Émail à base de caoutchouc pour la protection du béton

Les surfaces en béton et en maçonnerie peuvent être protégées contre les intempéries par application d'un émail imperméable à base de caoutchouc plastique. La composition de ce produit de fabrication américaine, dénommé « Ston Dri », est telle qu'il résiste à l'action chimique de la chaux et des alcalis présents dans le ciment, le stuc et la maçonnerie. Cet émail est utilisable pour le revêtement des planchers en béton, soubassements de fondations, escaliers et tous les types de surfaces bétonnées rugueuses ou lisses ; il résiste à l'usure, aux alcalis et acides, à l'écaillage, au nettoyage et à l'humidité. Son application est facilitée par un écoulement naturel, qui permet une répartition uniforme sur les surfaces traitées ; le séchage est obtenu rapidement.

Un important substitut du Jute : l'« Urena lobata » du Congo

Nous avons récemment signalé dans *La Nature* (juin 1954, p. 220-224 et juillet, p. 249-253), à propos du jute, l'importance particulière d'une fibre de remplacement cultivée en Afrique, l'*Urena lobata*. M. Marcel Goossens vient de consacrer, dans *L'Industrie textile* (mars et mai 1954), d'utiles développements à la culture de cette plante, telle qu'elle se pratique au Congo belge, principal pays producteur.

L'*Urena lobata*, souvent appelée « jute du Congo », est une Malvacée, proche de la famille des Tiliacées à laquelle appartient le jute du Bengale; la plante atteint 2 m de hauteur à maturité, et parfois 3 à 4 m, en une seule tige longue et grêle; les racines sont profondes (1,50 m), et les feuilles affectent un polymorphisme marqué; la fibre, comme pour le jute, est contenue dans l'écorce.

Cultivée comme plante annuelle, l'*Urena lobata* est susceptible de donner plusieurs récoltes sur un sol riche dans une même année. Les travaux (semailles, ratissage, sarclage, démariage des plants trop serrés) sont les mêmes que pour le jute. Quatre à cinq mois après les semailles, on récolte les tiges qui sont roulées en bottes et mises à rouir; on expérimente actuellement le rouissage dans les bacs de ciment, qui ne demanderait que 5 jours (au lieu de 10 en eau stagnante, et 30 en eau courante). L'extraction des fibres, leur lavage, leur séchage ne présentent pas de traits particuliers.

Le rendement ne dépasse pas une vingtaine de tonnes de tiges par hectare, ce qui donne environ une tonne de fibre; la station agronomique belge obtient couramment 2 t, et davantage avec des récoltes provenant de graines sélectionnées. Les feuilles sont utilisées comme engrais; les graines fournissent de leur côté une sorte d'huile comestible consommée par les indigènes. Les fibres sont pressées en balles de 60 kg; légèrement moins flexibles que les fibres de jute, elles leur sont comparables en solidité et en finesse.

L'*Urena lobata* serait, croit-on, originaire de Chine; on la rencontre à l'état sauvage dans tous les pays tropicaux, où elle affectionne les sols riches et humides : aux Indes, à Ceylan, aux Philippines, dans le Queensland, en Amérique du Sud, en Floride (où elle est connue sous le nom de *ceaserweed*)... Au Congo belge, les indigènes la désignent différemment selon les régions : dikambala, bikolokozo, konge, lombedia, nkulu nkongo, etc.

C'est au Brésil, près de Sao Paulo, qu'eurent lieu vers 1900 les premiers essais de culture systématique; mais la cherté de la main-d'œuvre fit avorter la tentative, malgré l'intérêt qu'elle présentait pour la confection des sacs à café. C'est tout récemment seulement que l'*Urena lobata* a été remise en honneur au Brésil, où sa production s'accroît régulièrement depuis 1940.

En revanche, le Congo belge s'intéressa de très près, à partir de 1920, et surtout après 1929, aux possibilités offertes par ce substitut du jute : sous la direction des services agricoles de la colonie, et grâce à l'intérêt porté par les colons et les indigènes évolués, les surfaces ensemencées en *Urena lobata* connurent un essor constant, qui ressort du tableau ci-après :

1930-1931 : 45 ha; production = 3,5 t (fibre).

1950-1951 : 23 000 ha; production = 24 050 t (fibre).

En 1939 encore, la production n'atteignait pas 5 000 t.

La Belgique absorbe la plus grande partie des exportations (en 1951 : 11 570 t sur 14 460), suivie par l'Allemagne occidentale (2 600 t). Le reste est travaillé dans les usines modernes édifiées à Léopoldville, équipées pour fabriquer annuellement trois millions de sacs; ce chiffre, supérieur aux besoins du Congo, permet une certaine vente à l'Angola voisin.

Madagascar avait commencé en 1939 à s'intéresser à l'*Urena lobata;* mais le développement du sisal a fait reculer les ensemencements. En revanche, l'A. E. F. a déjà obtenu en un temps record (depuis 1950), de remarquables résultats dans la vallée du Niari (voir *La Nature*, juin 1954, p. 224). L'exemple probant du Congo belge doit permettre un substantiel accroissement des résultats, particulièrement importants pour l'industrie française des fibres dures.

Il existe au Congo une autre plante susceptible de donner une fibre utilisable : il s'agit d'une Tiliacée appelée « punga » (*Cephalonema polyandrum*), qui pousse spontanément dans les plantations d'*Urena lobata*, et peut donc être récoltée de la même façon. Mais la fibre produite est de moindre qualité. Le prix de revient, par contre, est très bas, puisque les travaux sont pratiquement inexistants. La punga et quelques autres plantes voisines sont utilisées presque uniquement par les petits cultivateurs indigènes.

Enfin, le *Journal of scientifical and industrial Researches*, publié à New-Delhi, attire l'attention sur la fibre de *Canna orientalis* en tant que substitut du jute : inférieure au jute en solidité et en souplesse, elle surclasse cependant le *bimlipatam*, qui est un important succédané du jute dans l'Union Indienne. On propose d'utiliser le *Canna*, mélangé au jute ordinaire, pour la fabrication de tissus grossiers, de pâte à papier et de viscose. L'intérêt de cette nouvelle fibre est de donner des récoltes sur des terrains inutilisables pour le jute, le riz ou d'autres cultures. Elle mérite d'être mieux connue et employée.

P. W.

Ramie et coton

La ramie, fibre blanche et relativement dure, semble intéresser les industriels du coton aux États-Unis. Il ne s'agit pas de l'utiliser seule ni par conséquent de concurrencer les autres fibres, mais de la mélanger à divers autres textiles, principalement du coton et de la fibranne ; la ramie est en effet exrêmement résistante ; elle confère aux tissus l'infroissabilité et une capacité d'absorption rapide. Dès à présent, un mélange coton-fibranne-ramie est utilisé pour les revêtements intérieurs d'automobiles, et pour certains articles d'habillement. Après des essais qui ont duré cinq ans, les spécialistes seraient sur le point de résoudre le problème du traitement de la ramie par les métiers à coton. Sans doute ce succès lèverait-il le principal obstacle à l'usage industriel de la ramie. Le centre des expériences se situe dans la région Géorgie-Caroline du Sud, grande transformatrice de coton.

Traîneaux en matières plastiques

Les traîneaux classiques en bois, lourds et peu maniables, employés dans les régions arctiques ou, l'hiver, dans les pays à neige abondante et durable, sont peu à peu remplacés par des véhicules en matières plastiques, légers, résistants et très faciles à manipuler. *La Technique moderne* relate que deux modèles ont été mis au point par l'armée américaine pour le transport des vivres, des approvisionnements et des blessés. L'un ne pèse que 10 kg, mesure 1,20 m de long et supporte une charge de 50 kg. L'autre mesure 2 m et transporte 100 kg, pesant lui-même 16 kg seulement. Deux hommes et même un seul peuvent le tirer sans difficulté. Le corps du traîneau, moulé, est en fibre de verre imprégnée de résine ; il repose sur trois patins de coton traités de la même manière ; un système spécial de câbles et d'anneaux permet d'assujettir solidement la charge, être humain ou matériel.

Le titane
dans la construction aéronautique

A DIVERSES reprises *La Nature* a traité du titane, de ses précieuses propriétés, des difficultés de son extraction, de ses emplois industriels en rapide développement (voir notamment : n° 3181, mai 1950, p. 139; n° 3215, mars 1953, p. 83.) Les caractéristiques physico-chimiques du nouveau métal l'ont, depuis le début, rendu particulièrement intéressant pour l'industrie aéronautique et c'est de ce point de vue que nous l'envisagerons dans cet article.

L'avion, c'est bien connu, est un « plus lourd que l'air », mais que l'on cherche à rendre aussi léger que possible ! Aussi est-ce l'aviation qui pour une grande part a provoqué l'extraordinaire développement de l'aluminium et le lancement à grande échelle de la production de ce métal et de ses alliages.

Mais la légèreté n'est pas la seule qualité què l'on souhaite pour les pièces mécaniques constituant les avions et leurs moteurs; on en exige aussi d'autres caractéristiques telles que résistance à la rupture, dureté, etc., aussi élevées que possible. Aussi, durant longtemps, pour les pièces exigeant une bonne résistance mécanique aux températures élevées, les constructeurs ont été obligés de prescrire l'emploi de l'acier, bien que sa densité soit trois fois plus grande que celle de l'aluminium.

L'avènement du titane, dont les qualités mécaniques sont égales ou supérieures à celles de l'acier, et dont la densité est de moitié moindre, a donc été saluée comme il convient par les ingénieurs chargés des devis de poids des avions.

Élaboration et propriétés chimiques. — La découverte du titane remonte à plus de 150 ans; mais le métal est resté dans l'ombre par suite des grandes difficultés rencontrées dans sa production à partir des minerais. Ce fut Moissan qui le premier le reconstitua au four électrique. Depuis, plusieurs procédés ont été proposés, mais jusqu'à maintenant, aucun ne possède les caractères d'un véritable procédé industriel. La réaction de base consiste en la réduction du chlorure de titane par du magnésium :

(1) $$TiCl_4 + 2Mg \rightarrow Ti + 2MgCl_2.$$

Le chlorure de titane est lui-même obtenu par action conjuguée du chlore et du carbone sur le bioxyde de titane qui est le principal minerai rencontré :

(2) $$TiO_2 + C + 4Cl \rightarrow CO_2 + TiCl_4.$$

La réduction (1) s'opère dans un vase clos en fer porté à une température variant entre 800° et 900° C. Le titane produit apparaît sous forme d'une masse spongieuse, de densité légèrement supérieure à 1. Cette masse est ensuite broyée et purifiée, puis transformée par les méthodes de la métallurgie des poudres en barres de métal.

Une autre méthode mise au point aux États-Unis consiste à mettre la poudre dans des récipients de fer qui sont scellés après élimination de l'air, et laminés à haute température. Mais tous ces procédés sont onéreux et, pour une production de titane en grande quantité et à bon marché, il faudra s'orienter vers autre chose. Les métallurgistes américains envisagent actuellement une fusion du titane dans un four à chauffage par induction en atmosphère d'argon.

Le titane est loin d'être rare dans l'écorce terrestre, puisqu'il y est beaucoup plus abondant que le cuivre et le nickel, mais il existe sous des formes qui rendent son extraction assez difficile (voir l'article déjà cité de mai 1950). Sa grande affinité pour tous les corps simples, sauf les gaz rares de l'air chimiquement inertes, complique beaucoup l'élaboration du métal : toutes les réactions doivent s'effectuer dans une atmosphère d'argon. Si, comme nous le verrons plus loin, les traces d'azote et d'oxygène augmentent les propriétés mécaniques du titane, une proportion excessive de ces gaz est à redouter, car ils forment alors des solutions solides interstitielles qu'il est impossible de réduire, et qui diminuent ces mêmes propriétés. Aussi le prix du titane et de ses alliages est-il actuellement très élevé, près de 8 000 F le kilo, pour des barres ou des tôles laminées.

Mais on peut espérer que ce prix diminuera au fur et à mesure de l'avancement de la technique, comme ce fut le cas pour l'aluminium au début du siècle.

Une propriété intéressante au point de vue chimique est la résistance à la corrosion; à la température ambiante, le titane n'est attaqué ni par l'air, ni par l'eau de mer. Cette incorrodabilité dépasserait celle des aciers inoxydables, et serait comparable à celle du platine. Elle semble provenir de la formation à la surface du métal d'une couche d'oxyde très imperméable. Ce fait peut prendre une grande importance dans la construction des coques d'hydravion ou des avions embarqués.

Propriétés physiques et mécaniques. — Le titane est un métal semi-léger, dont la densité est de 4,5. Son module d'élasticité vaut 10 500 kg/mm².

Les propriétés mécaniques varient avec le mode d'élaboration. Pour le titane de pureté commerciale, la résistance à la rupture est de 56 kg/mm², et l'allongement de 50 pour 100 (l'*allongement* est le rapport $(l_1 - l_0)/l_0$, l_0 et l_1 étant les longueurs d'une éprouvette du métal avant et après rupture à la traction).

Un des grands avantages du titane au point de vue métallurgique est son point de fusion élevé (1 800° C), ce qui, ajouté à un faible coefficient de dilatation, permet de l'utiliser aux températures élevées. Ainsi, ses caractéristiques mécaniques restent bonnes jusqu'à 350° C. Or, les vitesses croissantes atteintes par les appareils imposeront dès l'entrée dans le domaine supersonique des températures de revêtement de l'ordre de 250° à 300° C, températures dues uniquement au frottement des couches d'air contre les parois de la voilure.

Au point de vue de la résistance à la fatigue, le titane semble se comporter d'une façon analogue aux aciers utilisés dans la construction aéronautique, sauf en ce qui concerne l'effet d'entaille. La résistance à la fatigue se mesure par application d'efforts alternés à des éprouvettes parfaitement polies et affectant la forme de barreaux. Pour chaque valeur de l'effort imposé, on mesure le nombre d'alternances au bout duquel s'est produit la rupture, et l'on admet que la limite de fatigue est atteinte, lorsque ce nombre d'alternances dépasse une valeur très grande, arbitrairement fixée à l'avance : 30 ou même 100 millions selon les cas.

Pour le titane, la résistance limite à la fatigue est supérieure à la moitié de la résistance à la traction. Mais, si l'éprouvette est entaillée, la résistance baisse fortement.

En regard de ces propriétés qui sont assez intéressantes du point de vue aéronautique, le titane possède un grave défaut : de très mauvaises caractéristiques de friction. Tout frottement entre une surface de titane et une autre surface quelconque produit des arrachements de métal, et ceci proscrit l'utilisation du nouveau métal dans les pièces en mouvement, telles qu'arbres de turbines, pistons de moteurs, etc.

Quant aux possibilités d'usinage, elles sont pour le moment limitées par rapport à celles des métaux usuels. Au point de vue du moulage, tous les matériaux utilisés jusqu'à présent pour la confection des moules ont été attaqués par le

titane liquide, lequel se combine en outre aux gaz de l'atmosphère ambiante. Le forgeage est réalisable, mais la température à laquelle s'effectue l'opération doit être comprise entre deux limites étroites, à savoir 880° et 980° C.

Le soudage s'obtient facilement, à condition d'opérer en atmosphère inerte. C'est pourquoi les procédés de soudure à l'arc avec l'argon ou l'hélium ont le plus de chances d'être retenus.

Enfin les opérations de fraisage, perçage, etc., présentent les mêmes caractéristiques que celles des aciers austénitiques.

Fort heureusement, là encore, les techniques sont en pleine évolution et de nouveaux procédés sont à l'étude qui laissent pressentir des avantages importants.

Les alliages de titane. — Si les possibilités aéronautiques du titane pur que nous venons d'envisager apparaissent quelque peu limitées, un champ plus important s'ouvre avec les alliages de ce métal. Il ne faut pas oublier que l'aluminium utilisé sur un avion l'est uniquement sous forme d'alliages, duralumin, zicral et autres. Aussi, un certain nombre d'études ont été déjà réalisées sur des alliages binaires du titane, et d'autres ne tarderont pas à se révéler.

Parmi les principaux métaux qui ont été alliés au titane, on peut citer le cuivre, le vanadium, le chrome, le molybdène, le tungstène, le manganèse, le fer, le cobalt et le nickel. Les courbes de la figure 1 montrent l'influence de ces divers corps sur les propriétés mécaniques du titane. La résistance à la traction est augmentée alors que l'allongement diminue d'une façon notable.

On trouve actuellement dans le commerce certains alliages dont le tableau I donne la composition et les caractéristiques à la température ambiante.

TABLEAU I

CARACTÉRISTIQUES DE QUELQUES ALLIAGES DE TITANE

Constituants et pourcentage	Limite élastique	Résistance à la traction	Allongement
Fe (0,2), O_2 (0,1)	53 kg/mm²	59 kg/mm²	12 pour 100
Mn (7)	90 »	98 »	14 »
Mn (4), Al (4)	93 »	101 »	18 »
Cr (5), Al (3), C (0,3)	105 »	115 »	10 »

Parmi les composants d'addition ayant le plus d'intérêt, on doit citer :

— le bore, qui donne une bonne résistance, mais diminue la ductilité;

— l'aluminium, qui augmente la résistance à la corrosion;

— le chrome, le molybdène, le tungstène, qui augmentent la résistance à la rupture et la limite d'élasticité.

Ces propriétés sont supérieures au point de vue de la limite élastique et de la résistance à la traction à celles de tous les aciers.

Enfin, le titane s'allie aussi au carbone pour former des solutions solides ou des composés. Jusqu'à une teneur de 0,2 pour 100 de carbone, il se forme une solution solide augmentant la résistance à la traction de l'alliage, mais réduisant sa ductilité. Au-dessus, le carbone existe sous la forme d'un carbure très fin et n'a que peu d'action sur les caractéristiques

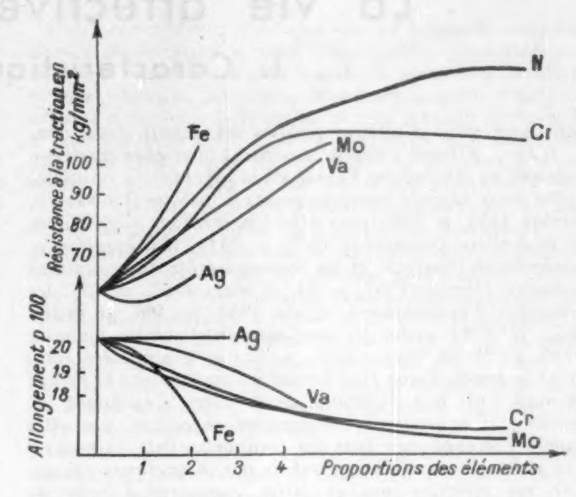


Fig. 1. — *Effets des éléments d'addition sur les caractéristiques des alliages de titane.*

En abscisses, pourcentage des éléments alliés au titane. En ordonnées, allongement (courbes du bas) et résistance à la traction en kg/mm² (courbes du haut).

mécaniques. La plupart des pièces d'acier utilisées dans les avions étant des pièces forgées, il était intéressant de voir le comportement des alliages de titane au forgeage. Toujours du fait de l'affinité du titane pour l'oxygène aux hautes températures, il a fallu réduire la température de forgeage aux environs de 900°, zone dans laquelle le métal ne se travaille que difficilement. Aussi l'installation sera-t-elle plus complexe et plus coûteuse que pour l'acier. Il en sera de même pour l'usinage qui est, en gros, comparable à celui du titane pur; on peut estimer qu'actuellement, l'usinage de pièces en titane ou en alliage de titane revient trois fois et demie plus cher que celui des mêmes pièces en acier austénitique.

Il faut donc se garder de voir dans le titane une panacée universelle, comme on eut tendance à le faire dans l'euphorie des premières expérimentations. Mais il doit déjà rendre de nombreux services, et si l'on considère le temps mis par les métaux usuels pour parvenir à leur développement actuel, le fait que l'industrie du titane n'a même pas un siècle d'existence doit inspirer un certain optimisme.

La première société à avoir véritablement utilisé le titane est la Ryan Aeronautical Company, qui a construit en ce métal les tubulures d'échappement des hélicoptères Piasecki H. U. P. 1. Depuis, de nombreux constructeurs ont suivi cette voie, et actuellement on peut prévoir un certain nombre de nouvelles utilisations. Dans la cellule, on peut citer : les cloisons pare-feux qui séparent le groupe propulseur du reste de la structure et qui doivent résister à de fortes températures, les revêtements pour les avions futurs largement supersoniques... Mais c'est dans le domaine du turboréacteur que le titane doit être le plus utilisé. Bon nombre de pièces, de par les qualités qui leur sont demandées, profiteraient d'un tel matériau : aubes et disques du rotor du compresseur, carters des chambres de combustion, tuyauteries de combustible, d'huile de graissage...

Le développement ultérieur du titane sera conditionné par un abaissement des prix de revient et de fabrication et par de nombreuses recherches pour améliorer ses propriétés. Alors peut-être on pourra parler d'une ère du titane dans la construction aéronautique, faisant suite à l'ère du bois et à celle de l'aluminium.

J. SPINCOURT.

La vie affective des animaux

I. Caractéristiques générales

Dans une série d'articles publiés ici depuis deux ans, M. Jean-C. Filloux a exposé comment la science moderne a abordé au laboratoire l'étude de la psychologie animale. Après avoir rappelé quelques points d'histoire (La Nature, *octobre 1952, p. 309) puis défini la méthode scientifique en la matière (novembre 1952, p. 341), il a étudié successivement l'instinct et les formes innées des conduites animales (février 1953, p. 51, et mars 1953, p. 75), les processus d'apprentissage (juin 1953, p. 166, et juillet 1953, p. 208), enfin les processus intellectuels (janvier 1954, p. 28, et février 1954, p. 64) et il a montré comment le psychologue était amené à conclure que la pensée animale était très différente de la nôtre. Cependant ces études qui se veulent entièrement objectives sont-elles capables d'expliquer tous les comportements animaux ? Les animaux supérieurs n'ont-ils pas, à quelques égards, une vie affective qui se laisse comparer à celle de l'homme ? Peut-être ce problème, que M. Filloux va examiner en deux articles, ne pourra-t-il être résolu que lorsque la psychologie humaine elle-même se sera renouvelée, à la lumière des résultats d'une psychologie animale plus avancée.*

★

S'il y a un hiatus entre l'intelligence animale et l'intelligence humaine, ne peut-on trouver, au moins chez les animaux supérieurs, une gamme d'*émotions* et de *sentiments* mettant en jeu les mêmes ressorts fondamentaux que chez l'homme ? Un auteur aussi sérieux que Guillaume, dans sa *Psychologie des Singes*, n'hésite pas à invoquer un « fond affectif commun aux animaux supérieurs et à l'homme » : malgré les difficultés d'interprétation, qu'il ne se dissimule pas, il identifie volontiers des comportements de colère, rage, désespoir, peur, joie, affection, etc., chez les chimpanzés qu'il a étudiés. Bien entendu, les auteurs d'ouvrages systématiquement anthropomorphiques sont intarissables, qui énumèrent les sentiments de leurs « amis », et parlent, sans le moindre esprit critique, d'égoïsme ou d'altruisme, de sens de l'honneur, d'esprit de sacrifice. C'est en partie par réaction contre ces derniers que de nombreux travaux modernes s'intéressent très peu aux questions relatives à l'affectivité animale : ainsi le livre classique de Maïer et Schneirla, *Principles of Animal Psychology*, ne comporte aucune mention sur ce sujet.

Mais c'est également pour des raisons d'ordre méthodologique. Il est d'abord très difficile à un zoopsychologue de déterminer le caractère « affectif » d'une conduite animale : quels critères en donner ? Ici, le recours à l'introspection est impossible. Or, le propre de l'affectivité n'est-il pas d'être « vécue », d'être un certain type de conscience de soi et du monde ? Le défaut d'une appréhension directe de la conscience animale oblige à chercher des critères intrinsèques à la conduite elle-même, toujours contestables (« fuite » de la « douleur », « désordre » lié au « trouble émotif », etc.), parce qu'on n'est jamais sûr qu'elle renvoie à une expérience affective, voire même à une expérience vécue.

Ensuite, il n'est pas facile de délimiter le domaine où s'étend l'affectivité. Doit-on y inclure la douleur physique, qui est peut-être le lot de tout animal ? Faut-il distinguer, comme en psychologie humaine, « émotions » et « sentiments » ? Et peut-on parler de « passions » ? En fait, d'une part, les mêmes problèmes se posent en psychologie générale où l'on discute encore de terminologie, et, d'autre part, ils sont liés aux représentations théoriques que l'on se fait de la vie psychique. Il serait bon de clarifier la question avant de disserter sur les « sentiments » animaux. Il est, par exemple, regrettable de confondre, comme le fait Fischel dans un article sur *L'émotion et le souvenir chez les animaux* ([1]), émotion et pulsion, en écrivant : « Ce n'est pas parce qu'il perçoit la nourriture qu'un animal court vers elle; c'est la faim, c'est-à-dire un état affectif, qui est la cause déterminante de l'action ». Or, la faim est un désir, une impulsion, la motivation d'une conduite, et non, comme le dit notre auteur, « un sentiment général ».

Enfin, des conduites affectives se mêlant, soit comme conditionnantes, soit comme conditionnées, aux conduites généralement étudiées par la zoopsychologie (actes instinctifs, création d'habitudes, réponses intelligentes), il est rare qu'elles donnent lieu à des expérimentations spécifiques. Le but même des travaux du zoopsychologue (expliquer à des fins techniques les caractères généraux des conduites) l'éloigne de l'exploration d'un domaine où une connaissance approfondie répond davantage au besoin désintéressé de savoir, et surtout de comprendre.

S'ensuit-il que la psychologie scientifique n'ait rien apporté ici ? Nous allons voir que non. En particulier, de nombreux auteurs américains ont expérimenté sur les *conflits* motivationnels, responsables de modifications parfois spectaculaires de la conduite, ressortissant à l'expérience humaine de l'*angoisse* : on en a même tiré des arguments favorables aux théories psychanalytiques. Mais avant de nous étendre sur ce point, il convient : 1° de partir, comme lors de l'étude de la « pensée » animale, d'un cadre notionnel aussi adéquat que possible; 2° d'analyser quelques aspects apparents du comportement affectif. Aussi bien, n'oublions pas qu'il s'agit toujours de se placer à un point de vue *psychologique*, c'est-à-dire d'envisager des « conduites », des systèmes de comportement réactionnels aux motivations internes et aux situations externes perçues, et non à un point de vue *biologique*, attentif seulement aux modifications physiologiques parcellaires.

Sensibilité et affectivité. — Distinguons d'abord « sensibilité » et « affectivité »; il s'agit de deux ordres de phénomènes différents. Que l'on écrase involontairement la patte d'un chien endormi, il réagira de façon réflexe par un cri accompagnant le retrait de la patte : la motricité peut alors être considérée comme *douloureuse*, en relation directe et consubstantielle avec une « information sensible », avec un certain type de sensibilité; mais voici que notre chien se sauve en tremblant, ou manifeste une mimique d'attaque : son comportement implique dès lors une séquence d'actes que l'on peut qualifier d'*émotionnels* (peur, colère, etc.), ou, plus généralement, d'*affectifs*. Plaisir et douleur sont du domaine de la sensibilité; colère, inquiétude, du domaine de l'affectivité véritable. Les uns sont sensoriels, les autres participent à un ordre de conduites plus complexes mettant en jeu la structure globale de l'animal.

Cette distinction a son importance méthodologique. En effet, le comportement « hédonique » et le comportement « algique » semblent quasi généraux dans la série animale, tant ils répondent à un intérêt biologique constant. La motricité d'*aversion* lors d'une excitation dangereuse a les mêmes caractères chez l'Unicellulaire et chez le Vertébré : réflexe rapide et de courte durée. Les multiples expériences sur le rôle des appâts dans le learning (partenaire sexuel, nourriture, etc.), sur la validité de la fameuse « loi de l'effet », tendent d'autre part à faire admettre une motricité et une sensibilité de *satisfaction*, de l'ordre

1. *Conduite, sentiments, pensée des animaux*, recueil collectif publié par les Presses universitaires de France, Paris, 1938.

du plaisir, accompagnant les activités consommatrices : certes, il est bien difficile de savoir si cette sensibilité, déterminable objectivement, renvoie à des attitudes subjectives analogues aux nôtres; toutefois, si, par exemple, l'animal accomplit l'acte d'accouplement, on peut penser que c'est parce qu'à son terme est dispensé le plaisir amorcé assez tôt pour qu'il ne cesse pas son activité indispensable à la reproduction, ainsi que le fait remarquer Baumgart ([1]).

De toute manière, motricité algique et motricité hédonique sont si communes que l'observation des « cas » précis excède toute étude spécifique de l'affectivité animale. Il suffit donc d'en rappeler l'existence, en ajoutant pourtant :

— d'abord que les phénomènes algiques et hédoniques n'étant pas *représentatifs* (puisque, à la différence des phénomènes perceptifs, ils expriment, non l'objet lui-même, mais le fait qu'il satisfait ou qu'il blesse), il faut donc, pour admettre qu'un animal manifeste tel d'entre eux, observer le type de rapport qui existe entre l'organisme et ce qui lui est apporté (favorable ou défavorable);

— ensuite, que dans ce cadre, si la douleur est inscrite « dans » le comportement de défense réactionnel à une stimulation extérieure, le plaisir répond à un schéma différent, car il nécessite la présence préalable d'un besoin : on ne peut donc parler de comportement hédonique que si l'on a mis en évidence une tendance préexistante, à valeur vitale, faim ou besoin sexuel.

Émotions et sentiments. — Sensibilité et « faux » comportement affectif, selon l'expression de Pradines, étant ainsi dissociés de l'affectivité, reste à déterminer le domaine propre des conduites affectives. En psychologie humaine, on confond souvent les mots émotions, sentiments et passions, alors qu'en bonne méthode ils se rapportent à des attitudes psychiques différentes. Piéron, dans son *Vocabulaire*, définit à juste titre « émotion » une « réaction affective *d'une assez grande intensité* (c'est nous qui soulignons), dépendant des centres di-encéphaliques, et comportant normalement des manifestations d'ordre végétatif »; c'est qu'en effet, on doit réserver le terme d'émotion à des *chocs* perturbant, déréglant durant une période toujours limitée l'équilibre psychologique : sortes de crises, comme la peur, l'accès de colère. Les « sentiments » sont plus *stables*, moins déréglants, en fait, que régulateurs, car ils peuvent durer très longtemps : ainsi l'état d'inquiétude, ou d'espoir, ou d'amitié. Enfin, sous le nom de « passions », on place, soit des sentiments hypertrophiés, comme la passion amoureuse, soit des intérêts exclusifs et prédominants, *focalisant* la conduite, comme l'ambition, le jeu, etc. Noter que :

— le désordre émotionnel, outre son aspect vécu, est toujours repérable objectivement par des « expressions », les unes communes à toutes les émotions, les autres plus spécifiques, consistant en modifications brutales du comportement : réactions *viscérales* (respiratoires, circulatoires, métaboliques, sudoripares, intestinales) et *musculaires* (mimiques faciales, vocalisations, mouvements automatiques); physiologiquement, il est lié à la libération, hors du contrôle cortical, des énergies excitées au niveau thalamique et hypothalamique;

— sentiments et passions ont des critères objectifs bien moins précis, si même ils en ont, car c'est toute la conduite, dans son aspect global et durable, qui les « signifie »; en psychologie humaine toujours, ces attitudes sont donc nécessairement plus ou moins « induites » par l'observateur objectif : la jalousie est le « sens » d'une conduite à hostilité latente à l'égard de celui qui partage une même affection; l'inquiétude est « immanente » à la tentation d'éviter l'étrange, le nouveau, etc.; d'un autre côté, la passion se reconnaît à une sorte de névrose caractérielle par unification anormale du champ des intérêts.

1. *Les sensations chez l'animal.* Collection Que sais-je ? Presses universitaires de France.

Dans ces conditions, il est clair que les formes de comportement « sentimentales », voire (peut-être ?) « passionnelles », difficiles à repérer sur le plan humain, le seront bien davantage en zoopsychologie. Une fois laissée de côté la question toujours irritante et insoluble de la qualité du vécu subjectif de l'animal, il reste que pour avoir le droit scientifique de formuler une hypothèse ayant chance d'être valable sur la présence d'une conduite affective nuancée chez un animal supérieur, il faudrait : 1° analyser la conduite *totale* de l'animal, durant un long laps de temps, pour être sûr de la persistance d'un certain type de réactions; 2° utiliser la *somme* des connaissances expérimentales que l'on possède sur les aptitudes intellectuelles, symboliques, etc., de ce sujet : en effet, si un sentiment nécessite par exemple un détachement à l'égard de soi-même, l'appréhension d'un ordre valant par lui-même, comme c'est le cas du sentiment esthétique, il est inutile de tenter d'en repérer l'existence chez l'animal rivé par nature au concret, incapable de saisir des structures abstraites; 3° éliminer toutes les hypothèses permettant une explication à moins de frais. Si par contre, il est moins hasardeux d'affirmer la réalité des émotions-chocs les plus élémentaires, peur ou colère, du moins c'est uniquement encore chez les animaux supérieurs : en effet, les émotions humaines nécessitant un substrat physiologique complexe, un cerveau différencié, la présence d'une émotion n'est vraisemblable qu'au niveau des animaux à système nerveux évolué, plus précisément chez les seuls Vertébrés.

Les structures émotives innées. — Toute conduite ayant pour fonction d'intégrer des exigences motivationnelles et situationnelles, la vie affective se définit par l'intégration affective. On sait aussi que les fonctions d'intégration entrent dans deux cadres très généraux, *innéité* et *acquisition*. Or, la simple observation, de même que l'expérimentation montrent : 1° le caractère instinctif de bien des réactions affectives; 2° leur liaison avec les situations de frustration.

Ainsi, la préoccupation essentielle des animaux sauvages en liberté est la recherche de la sécurité, c'est-à-dire la mise à l'abri des prédateurs et des ennemis; la faim et les amours ne sont que des besoins secondaires, puisqu'on peut en ajourner la satisfaction, alors que la fuite à l'approche d'un ennemi dangereux est un devoir inéluctable, ce qui conduit Hediger à écrire, dans son beau livre sur *Les Animaux sauvages en captivité* (Payot, Paris, 1954) : « Le but suprême et l'aboutissant de leur existence sont la fuite ». La réaction de fuite est donc une réponse innée, dont les mécanismes de déclenchement ont été étudiés soigneusement par Tinbergen (voir *L'Étude de l'Instinct*). Elle ne renvoie aucunement en elle-même à une émotion, à moins qu'une *tension* n'apparaisse lorsque l'ennemi se rapproche de l'animal. En effet, il y a, pour chaque espèce sauvage, une distance spécifique de fuite (tableau I) au delà de laquelle l' « ennemi » n'inquiète pas l'animal, mais en deçà de laquelle sa présence cause des troubles violents : l'animal en fuite dont l'assaillant se rapproche aura une *réaction de défense et d'urgence* soudaine en faisant front à l'attaquant; l'animal à qui la fuite est interdite manifestera une violente *réaction critique* dès qu'une distance critique spécifique sera dépassée. Dans les deux cas, il y a réaction instinctive à une tension, déterminée par le conflit entre la tendance à la sécurité et la réalité situationnelle.

Cette réaction a objectivement un sens émotionnel, car elle comporte tout un ensemble de traits typiques de la peur ou de la colère. Aussi bien, les recherches de laboratoires sur les rats ont permis de doser, dans des cas de ce genre, la teneur d'adrénaline du sang, et autres concomitants physiologiques caractéristiques (voir : Munn, *Handbook of White Rat Psychology*). On observe également des manifestations émotives lorsque le « territoire », ou espace vital individuel de l'animal, n'est pas respecté : sorte d'instinct de propriété, lié au besoin de sécurité,

TABLEAU I

EXEMPLES DE DISTANCES DE FUITE

(D'après H. HEDIGER, *Les animaux sauvages en captivité*, Payot, Paris, 1954).

Espèce	Distance de fuite	Détails complémentaires	Auteur
—	—	—	—
MAMMIFÈRES			
Girafe	150 m	Homme	Kearton (1929).
Girafe	25 m	Automobile	Kearton (1929).
Chamois	100-200 m	Carpathes	Couturier (1938).
Bison d'Amérique .	250-400 m		Garretson (1938).
Buffle d'Afrique . .	80 m	Réserve	Maydon (1932).
Cerf.	50-100 m	Après nourriture	Darling (1937).
Cerf.	600 m	Irrité	Darling (1937).
OISEAUX			
Outarde	500 m		Heinroth (1924-1928).
Autruche	150 m		Kearton (1929).
Goéland argenté. .	15-20 m	Homme	Goethe (1937).
Goéland argenté. .	30 m	Chien de chasse	Goethe (1937).
REPTILES			
Clemmys leprosa. .	15 m		Hediger (1935).
Natrix piscator. .	2 m		Mell (1929).
POISSONS			
Périophtalmus . .	20-30 m		Harms (1929).
INVERTÉBRÉS			
Crabe *(Uca Tangeri)*.	10 m		Hediger (1933).

qui déclenche des réactions agressives s'il est frustré. Dans tous ces cas joue le schéma frustration-émotion, dès qu'un obstacle s'oppose à la satisfaction d'une motivation vitale. On pourrait faire les mêmes remarques en ce qui concerne les frustrations nutritives ou sexuelles en présence d'un objet interdit ou inaccessible.

Hediger note, à propos de l'exigence instinctive de sécurité, les conclusions techniques qui en découlent lorsque l'on garde des animaux sauvages en captivité. La « cage », qui correspond pour l'animal à son « territoire », est plus un obstacle à la fuite devant l'homme-ennemi qu'à un besoin de liberté. Si l'on ne tient pas compte de la distance de fuite, l'animal non apprivoisé ou en instance d'apprivoisement vivra dans un état *de tension émotionnelle* tel qu'il risquera la mort. Cet état de tension explique les évasions spectaculaires de bêtes fauves à Leipzig (1928) et la fugue d'une panthère noire du zoo de Leipzig (1934) : « L'analyse psychologique du comportement de ces animaux, écrit Hediger, démontre qu'ils étaient des indomptés, dont l'état caractéristique d'excitation continue et de tension mentale n'avait pas encore acquis la stabilité ».

Qu'en tout ceci il s'agisse de l'héritage de structures, les travaux expérimentaux de Hall et de Yeakel sur les rats le prouveraient (1941). Le premier appliqua des tests simples de peur à ses sujets, en les plaçant dans un champ ouvert intensément illuminé, et il s'aperçut que des rats « émotifs » montraient leur panique par émission d'urine et défécation. En répétant ces tests, il put sélectionner des rats « timides » et des rats « courageux », qui donnèrent naissance à des lignées possédant ces traits caractéristiques. Yeakel, en opérant des analyses anatomiques, découvrit alors des différenciations endocriniennes importantes.

Le comportement « sentimental ». — Les conduites sentimentales instinctives, de leur côté, dans la mesure où elles impliquent régulation et équilibre, obéissent à des schémas peu diversifiés. A côté des comportements qui sont la stabilisation chronique d'un désordre émotionnel (ceux qui manifestent la *crainte*, l'*inquiétude*, l'*hostilité* ou la *jalousie*), il en est d'autres, sentimentaux eux aussi, qui indiquent non la frustration,



Fig. 1. — *Mimique et expression chez le chimpanzé et chez l'enfant.*
1, 2, peur ; 3, 4, répugnance, dégoût ; 5, 6, étonnement.
(D'après N. KOHTS : La conduite du petit du Chimpanzé et de l'enfant de l'Homme, dans le recueil *Conduite, sentiments, pensées des animaux*, Presses universitaires de France (Félix Alcan), Paris, 1938 ; avec l'aimable autorisation des éditeurs).

mais la satisfaction, le succès (tels la *joie* ou la *sympathie*). Mais a-t-on le droit d'utiliser ces expressions ? Prenons le cas des animaux les plus proches de nous, les chimpanzés. Guillaume identifie chez eux l' « affection » et la « joie expansive »; est-ce évident ?

En un sens, on peut observer des comportements qui répondent aux critères que nous demandions tout à l'heure. Les réactions des mères chimpanzés à l'égard de leurs bébés après séparation, étudiées par Spence, montrent, à leur persistance, que le « sentiment maternel » qu'on leur attribue n'est pas un vain mot, puisqu'il est durable et lié à des aptitudes intellectuelles et mnémoniques élevées : les photographies sont parlantes en elles-mêmes. D'autre part, les études de Kellog et Kellog (*Le Singe et l'Enfant*), ainsi que celles de Kohts (dans le recueil déjà cité) sur l'évolution intellectuelle et affective comparée du jeune enfant et du petit chimpanzé montrent une identité de conduite affective dans de nombreux cas.

« Lorsqu'il est de *bonne humeur*, écrit Kohts, Yony (le chimpanzé), de même que Roody, sourit, fait, avec ses bras et ses jambes, des mouvements non coordonnés, produit du vacarme



Fig. 2. — *Mimique et expression chez le chimpanzé et chez l'enfant.*
1, 2, agitation ; 3, 4, pleurs ; 5, 6, rire.
(D'après N. Kohts, *op. cit.*).

par tous les moyens qu'il trouve à sa disposition... Pour exprimer un élan de *tendresse*, les deux petits se serrent, la bouche large ouverte, contre les personnes chères, les étreignent en les enlaçant de leurs bras... Le sentiment de l'*amour* et l'*attachement* revêt, chez les deux enfants, un caractère nettement égocentrique et s'allie à la jalousie. Yony, tout aussi bien que Roody, montrait une tendance nettement exprimée à s'emparer sans partage de la personne qu'il aimait; toutes les fois que celle-ci se hasardait à manifester de la tendresse pour une autre personne, les deux petits témoignaient de l'hostilité envers le « rival ». Les époux Kellog nous montrent de même la petite femelle Gua et leur propre bébé Donald s'étreignant l'un l'autre quand ils ont peur, ou quand on les menace d'une punition; si la guenon doit, en guise de châtiment, rester assise sur une chaise, le bambin court la retrouver et c'est une accolade réciproquement passionnée.

Toutefois, l'interprétation, anthropomorphique quoique prudente, de ces auteurs est-elle satisfaisante ? Des conduites similaires ont-elles un même *sens*, une même signification immanente chez les deux « enfants » ? Pour répondre à cette question, il faudrait ne pas se contenter d'une simple mise en parallèle, mais insérer chaque conduite dans son flux historique, en tant que *moment* d'une évolution de l'individu. Les figures 1 et 2 montrent des mimiques de « pleurs » et de « rires » chez le chimpanzé et l'enfant. Or, non pas pour se conformer à l'adage célèbre selon lequel « le rire est le propre de l'homme », mais par souci de véracité, la plupart des observateurs sérieux de l'animal pensent qu'il est *impossible* à l'animal de pleurer ou de rire. C'est qu'en fait, les pleurs et le rire ne sont pas seulement, chez l'homme, des mouvements expressifs, mais des crises de l'existence personnelle, où l'individu se *situe* devant le monde. Les sanglots et le rire du jeune enfant contiennent implicitement toute l'évolution qui va vers la joie ou l'inquiétude métaphysiques. Chez l'anthropoïde, ils ne contiennent rien de tout cela, car *ils disparaissent à l'âge adulte*. En particulier, Buytendijk semble avoir établi (*Traité de psychologie animale*, **8**, Le rire des Chimpanzés) que le rire du jeune singe n'est qu'un prétendu rire, car le chimpanzé adulte ne rit plus; il s'agit d'un simple rictus, d'un ricanement analogue à celui que l'on observe chez le chien dans les mimiques d'attaque. Aussi bien, le rire demande un détachement, une libération du concret et des exigences instinctives, l'apparition d'une sorte de *hiatus* entre sujet et objet, dont, on sait, l'animal est incapable. Or, sans cette libération, le rire, qui est ironie sur soi et sur le monde, est impossible. La simple allégresse exubérante elle-même est richesse, évasion de l'ornière, de l'utilitaire nécessité. On croit en trouver des succédanés chez l'enfant chimpanzé, mais elle s'estompe et s'éteint peu à peu, loin de devenir joie, c'est-à-dire surabondance intériorisée. Et Buytendijk de conclure : « Pourquoi donc un animal serait-il allègre, alors que son comportement est nécessité par les besoins de sa conservation, individuelle et spécifique ? *L'allégresse est un scandale biologique!* ».

(*à suivre*).

Jean-C. Filloux,
Agrégé de l'Université.

L'effectif des bœufs musqués en Alaska

Le bœuf musqué de l'Alaska, qui ressemble à un buffle de petite taille, se trouvait en abondance dans le grand Nord jusqu'au moment où explorateurs, marchands et indigènes de la région contribuèrent à son extermination, il y a plus d'un siècle. En 1936, les autorités américaines instaurèrent un refuge destiné à la protection de cet animal dont le rythme de reproduction assez lent compromet de plus la survie. Trente et un bœufs musqués furent ainsi placés dans la réserve de Nunivak Island (Alaska). D'après le *Bulletin d'information de l'U.I.P.N.*, le dernier recensement effectué en 1953 indique que 90 exemplaires y vivent aujourd'hui ; succès à porter au crédit du Fish and Wildlife Service des Etats-Unis.

Le macareux huppé nidifiera en paix

Le macareux huppé, oiseau aquatique de petite taille, a choisi comme lieu de nidification un groupe d'îlots situé au large de Tokyo, près de Miyakishima. Environ 90 pour 100 de la population s'installe entre octobre et juillet sur l'îlot rocheux de Sanbondake. Or, l'aviation américaine avait choisi cet îlot comme cible de tir pour ses manœuvres. Un jeune ornithologiste amateur de l'armée américaine signala ce massacre involontaire aux dirigeants de l'Air Force et, après la réunion d'un comité compétent américano-japonais, l'aviation a consenti à diriger ses tirs vers une cible moins intéressante au point de vue des naturalistes. Les macareux pourront ainsi, l'an prochain, nidifier en paix.

(*Information U.I.P.N.*).

L'industrie chimique en France

LE CHLORE

produit nécessaire à d'innombrables fabrications modernes

En étudiant l'électrolyse du chlorure de sodium (1) nous avons volontairement laissé dans l'ombre l'un des produits obtenus, le chlore, dont les applications sont si nombreuses qu'il est nécessaire de lui consacrer un article.

Sans vouloir tracer l'historique de l'industrie du chlore, il nous paraît essentiel de rappeler les étapes de son développement.

Développement de l'industrie du chlore. — Berthollet, qui a découvert les propriétés décolorantes du chlore et proposé initialement l'eau de chlore pour le blanchiment, a préconisé, dès 1789, l'emploi, sous le nom d'eau de Javel, d'une solution d'hypochlorite et de chlorure de potassium. Tennant, de Glasgow, brevetait, quelques années plus tard, l'usage de solutions d'hypochlorites alcalino-terreux, puis de chlorure de chaux solide.

Avec l'eau de Javel et le chlorure de chaux, l'industrie des chlorures décolorants était née. Le chlore nécessaire était préparé par oxydation de l'acide chlorhydrique (procédé Weldon, puis procédé Deacon) obtenu dans la première phase du procédé Leblanc qui venait d'être mis en pratique.

La juxtaposition d'ateliers de chlorures décolorants aux soudières constituait la première manifestation du phénomène d'intégration qui devait caractériser le développement de l'industrie chimique; elle apportait, d'autre part, une heureuse solution au premier problème d'hygiène industrielle que posait à celle-ci l'évacuation dans l'atmosphère de gaz chlorhydrique dont on ne savait que faire... et c'est ainsi qu'en Grande-Bretagne, où une législation soucieuse de limiter les inconvénients qu'entraînait le voisinage des soudières rendait pratiquement obligatoire l'absorption de la quasi totalité du gaz chlorhydrique dégagé (*Alkali Act* de 1864), on fut amené à donner un développement considérable à l'industrie du chlorure de chaux, seul débouché du chlore à cette époque.

Sur le continent, où le législateur se montrait moins strict, les soudières Leblanc se préoccupèrent plus particulièrement des possibilités qu'offrait cette récupération lorsque, inquiétées par l'extension du procédé de la soude à l'ammoniac, elles crurent voir dans cette récupération un moyen de défense contre le nouveau procédé par la valorisation d'un sous-produit susceptible d'abaisser les prix de revient. Ce moyen insuffisant ne put que retarder seulement de quelques années la disparition des soudières auxquelles ne devaient d'ailleurs survivre que peu de temps les ateliers Deacon.

L'électrochimie allait en effet lancer sur le marché une troisième soude, la soude électrolytique, dont la fabrication n'était viable qu'à la condition de transformer le chlore formé simultanément en chlorures décolorants. L'obtention de ce chlore électrolytique, beaucoup plus concentré que le chlore Deacon, facilitait d'autre part la liquéfaction du chlore mise au point en Allemagne, de sorte que l'électrolyse du chlorure de sodium allait concurrencer de plus en plus le procédé Deacon comme source de chlore.

En 1914, cette électrolyse n'était toutefois opérée en France que dans deux usines produisant environ 5 t de chlore par jour et on ne pratiquait pas encore la liquéfaction du chlore, les compagnies de chemins de fer ayant longtemps refusé de transporter un produit aussi actif.

1. L'électrolyse du chlorure de sodium, *La Nature*, juin 1954, p. 212.

L'emploi par les Allemands du chlore comme gaz de combat, en 1915, nous prit donc au dépourvu et, pour organiser la riposte, il nous fallut mettre sur pied une industrie du chlore liquide. Ce fut, bien entendu, à l'électrolyse qu'on eût recours et, en 1917, celle-ci, poursuivie dans onze usines, nous permettait d'obtenir 50 t de chlore par jour, ce qui non seulement couvrait nos besoins mais nous permettait d'en fournir à nos alliés.

L'industrie du chlore s'étant simultanément développée dans d'autres pays, on pouvait craindre, la paix rétablie, de ne pas pouvoir écouler tout le chlore correspondant à la capacité de production des usines installées, alors que l'emploi de la soude correspondante apparaissait facilitée par l'extension de diverses fabrications, notamment celle des textiles artificiels.

Le développement de notre industrie organique (matières colorantes, produits pharmaceutiques) et celui de la fabrication des solvants chlorés allaient rendre ces craintes vaines et, après la période d'entre deux guerres durant laquelle on s'est préoccupé de trouver des débouchés tantôt au chlore, tantôt à la soude, l'industrie mondiale du chlore a connu l'essor extraordinaire que traduisent les chiffres reproduits dans le tableau I, du fait de la mise au point de nouveaux produits (plastiques, insecticides, cires, etc.) dont les emplois se sont rapidement développés.

Tableau I

Production de chlore électrolytique en milliers de tonnes

	Monde	U. S. A.	Allemagne	France: Chlore gazeux (1)	France: Chlore liquide
	—	—	—	—	—
1913				8	
1917				70	
1919	150			24	
1925				20	
1929	400	145		30	
1930		199		32	9
1935	650	315	192	38	
1938		400	263	47	15
1940		700	366		
1943		1 200	490	40,7	
1945		1 250		25,5	9,8
1946				48,1	16,5
1947		1 486		57,7	19
1948	2 300	1 720		66,5	21,2
1949				70,3	21,9
1950	3 000	1 935	324	81,6	24,6
1951	3 800	2 270	382	101	30,4
1952		2 200	414	106,4	32,5

1. Ce chlore gazeux comprend tout le chlore produit, y compris celui qui est liquéfié (chlore liquide) à l'exception du chlore destiné à la préparation de l'acide chlorhydrique, fabrication qui, en 1952, a consommé 7 000 t de chlore.

Durant toute la guerre, l'industrie française du chlore rencontra les plus grandes difficultés pour renouveler et entretenir son matériel et, après la Libération, les restrictions de courant

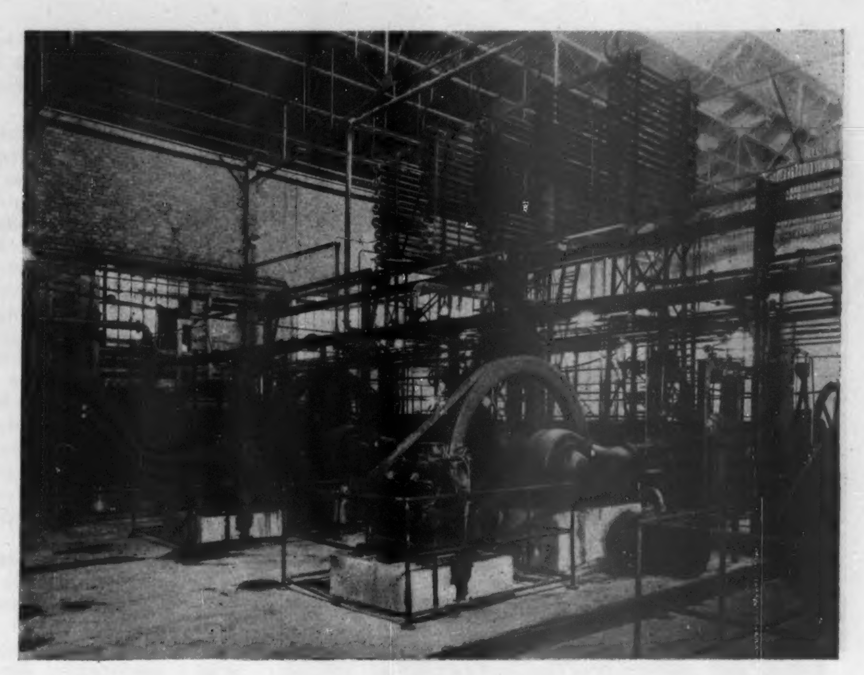


Fig. 1. — *Atelier de liquéfaction du chlore à Saint-Auban.*
(*Photo* PÉCHINEY).

électrique freinèrent considérablement la production. On comprend donc que celle-ci n'ait augmenté que de 40 pour 100 entre 1938 et 1948, alors que l'industrie américaine, qui ne connaissait pas ces difficultés, s'est accrue de plus de 300 pour 100.

La fabrication du chlore est conduite en France dans 25 usines (21 pratiquent l'électrolyse du chlorure de sodium et 4 celle du chlorure de potassium afin de préparer la potasse). Leur production doit suffire aux besoins croissants des usines utilisatrices grâce au programme de modernisation et d'équipement du Plan Monnet qui, en 1949, prévoyait une extension et un renouvellement de capacité portant sur 128 000 t, ce qui devait permettre de porter la capacité de production de 75 000 à 175 000 t. Au cours des années 1950, 1951 et 1952, des capacités supplémentaires, respectivement de 16 500, 24 000 et 20 000 t, ont été mises en service et le développement de la production a suivi celui de la capacité de cette industrie comme le montre le tableau I.

Avant d'examiner les débouchés du chlore qui expliquent un tel accroissement de production, il convient d'indiquer quel traitement subit ce produit avant d'être stocké et utilisé.

Dessiccation et liquéfaction du chlore. — Le chlore produit dans les cellules électrolytiques à partir de saumures est saturé de vapeur d'eau à environ 60-70°. Il est alors très corrosif et doit circuler dans des conduites en chlorure de vinyle ou en acier ébonité. Après un éventuel refroidissement ayant pour objet d'éliminer la majeure partie de l'eau qu'il contient, on le sèche complètement par passage dans des tours en acier, revêtues intérieurement de plomb et arrosées par de l'acide sulfurique. Le chlore ainsi desséché (moins de 100 mg d'eau par 100 kg de chlore) peut alors circuler dans des conduites d'acier.

Le chlore qui se trouve normalement au-dessous de sa température critique peut être facilement liquéfié soit par simple réfrigération à — 40° ($\theta E = -34°$), soit par simple compression sous 10 à 12 atmosphères. On combine parfois les deux techniques en le portant à — 15° et en le comprimant sous 3 kg, à l'aide de pompes à piston lubrifié avec de l'acide sulfurique ou de pompes à anneau d'acide sulfurique (fig. 1).

Tandis que les incondensables, riches en gaz inertes (H_2, CO, N_2) sont généralement utilisés pour la préparation d'extrait de Javel, le chlore liquide est stocké dans des réservoirs à l'aide desquels on remplit des bouteilles de 36 kg, des cylindres de 800 à 1 000 kg ou des wagons-citernes de 13 à 18 t.

Le chlore commercial titre normalement 99,5 pour 100. On peut obtenir du chlore à 99,9 pour 100 en faisant circuler le chlore gazeux à purifier dans une colonne arrosée par du chlore liquide qui entraîne certaines impuretés.

Utilisation du chlore en France. — Nous avons rassemblé dans le tableau II les principales utilisations du chlore en distinguant celles où le chlore, produit fini, disparaît après usage de celles dans lesquelles il sert de matière première pour l'obtention de dérivés chlorés. Nous ne pourrons commenter que rapidement ces divers emplois.

TABLEAU II

UTILISATION DU CHLORE EN FRANCE EN 1950 ET 1952

	1950	1952	en pour 100
1° Emploi du chlore comme produit fini			
Epuration des eaux	433 t	376 t	0,3
Papeterie	4 037 t	6 450 t	6,0
Textiles	481 t	550 t	0,52
Industrie du brome	905 t	1 390 t	1,31
Industrie du magnésium	1 315 t	2 517 t	2,4
Glycol et dérivés de l'éthylène	2 300 t	8 400 t	7,9
2° Emploi du chlore comme matière première de dérivés chlorés			
a) *minéraux*			
Acide chlorhydrique	8 600 t	7 200 t	6,8
Extrait de Javel	10 600 t		
Chlorure de chaux et hypochlorite de calcium	1 900 t	16 000 t	15
Autres chlorures		2 500 t	2,3
b) *organiques*			
Dérivés chlorés de l'acétylène	28 304 t	37 000 t	35
Tétrachlorure de carbone	944 t		
Dérivés chlorés benzéniques	6 720 t		
Dérivés chlorés du naphtalène	269 t	14 600 t	13,8
Paraffines chlorées	490 t		
Chloral	872 t		
Insecticides et anticryptogamiques	249 t		
Matières plastiques (chlorure de vinyle)	2 100 t	6 000 t	5,6
Matières colorantes	366 t	2 200 t	2,0

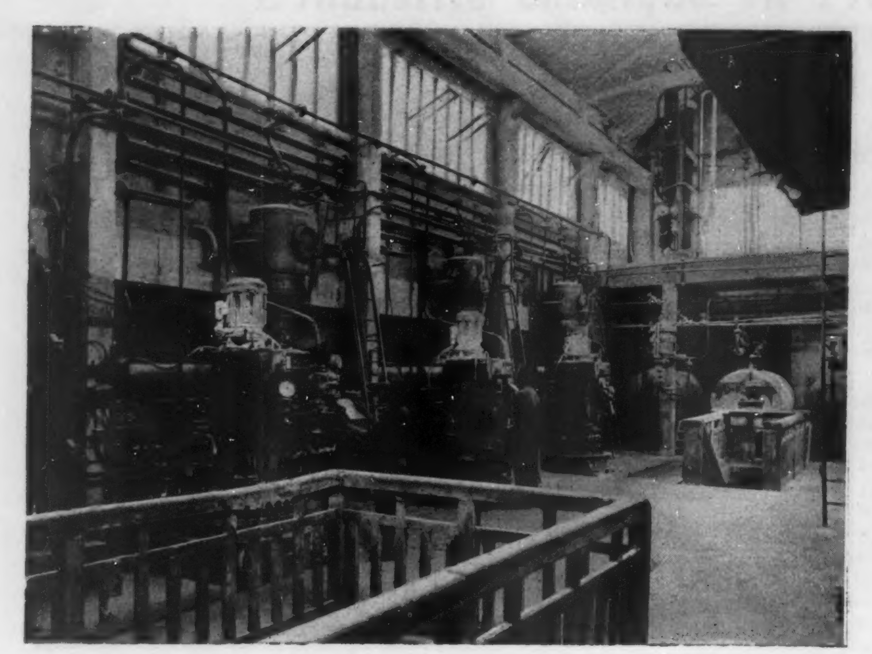


Fig. 2. — *Atelier de fabrication du chlorure de polyvinyle à Saint-Auban.* (*Photo* PÉCHINEY).

Utilisation du chlore comme produit fini. — L'emploi du chlore pour la *stérilisation* des eaux s'est considérablement étendu avec le développement du transport du chlore liquide et la mise au point d'appareils doseurs. On estime qu'en France, plusieurs millions de personnes consomment de l'eau stérilisée au chlore.

Le *blanchiment* par le chlore a pris une grande extension en papeterie ainsi que dans l'industrie textile où l'on pratique également le chlorage de la laine dans le but de la rendre irrétrécissable.

L'industrie minérale consomme de fortes quantités de chlore, d'une part pour obtenir, à partir des bromures, les forts tonnages de brome nécessaires à la préparation du bromure d'éthylène qui, mélangé au plomb tétraéthyle constitue l'éthylfluide, d'autre part pour préparer le *magnésium* qui résulte jusqu'ici de l'électrolyse du chlorure de magnésium, dont l'obtention, à partir de la magnésie et de la giobertite, exige plus de chlore que n'en fournit par la suite l'électrolyse. Le chlore est également utilisé pour dégazer certains métaux (aluminium, par exemple).

Le chlore constitue un réactif de l'industrie organique dans la préparation de la *monochlorhydrine du glycol* (*a*) par action de l'acide hypochloreux sur l'éthylène et dont l'hydrolyse permet d'obtenir soit du *glycol* (*b*), soit de l'*oxyde d'éthylène* (*c*), matière première de la fabrication des éthanolamines, des éthers du glycol et du diéthylèneglycol :

$$\begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CH_2 \end{matrix} + ClOH \rightarrow \underset{(a)}{\begin{matrix} CH_2Cl \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}} \rightarrow \underset{(b)}{\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}} \rightarrow \underset{(c)}{\begin{matrix} CH_2 - CH_2 \\ \diagdown O \diagup \end{matrix}}$$

Notons que la préparation du *phénol* par hydrolyse du chlorobenzène (procédé Raschig), consommatrice de chlore, fait de plus en plus place au procédé au cumène qui n'en exige pas.

Le chlore, matière première de produits chlorés minéraux. — Nous avons vu précédemment qu'environ 60 000 t d'acide chlorhydrique étaient obtenus comme sous-produit de la fabrication du sulfate de sodium ([1]). Une quantité équivalente est préparée par synthèse directe dans les usines de chlore qui, nous le savons, disposent d'hydrogène.

La combustion du chlore dans un excès d'hydrogène, longtemps opérée dans des brûleurs en silice fondue, s'exécute de plus en plus dans des brûleurs en plomb ou en acier fortement réfrigéré par l'eau, tandis que le refroidissement et la dissolution de l'acide produit ont lieu dans des condenseurs en graphite beaucoup plus efficaces que ceux en silice.

Des quantités importantes d'acide chlorhydrique gazeux sont préparées par le même procédé en vue de la synthèse du *chlorure de vinyle*.

La condensation du gaz chlorhydrique sec et en excès avec l'acétylène dont on a éliminé les impuretés s'opère à 170°-180°, au contact de charbon actif imprégné de chlorure mercurique. On élimine l'excès d'acide chlorhydrique par lavage, on sèche le chlorure de vinyle et on le liquéfie afin de le purifier par distillation sous pression (fig. 2).

La polymérisation en émulsion, en suspension ou en masse, en présence d'un catalyseur convenable, conduit au *chlorure de polyvinyle*, poudre blanche, thermoplastique, qui, additionnée ou non de charge, fournit par calandrage, boudinage, moulage, par compression et injection, soufflage et emboutissage, les objets les plus divers. La résistance de ce produit aux agents chimiques en fait un matériau de choix pour l'industrie chimique et son utilisation récente pour la fabrication de canalisations d'eau semble devoir encore accroître sa production qui atteignait 12 000 t en 1953.

La fixation de ce même gaz chlorhydrique sur le caoutchouc (par addition de ClH sur la double liaison de l'isoprène) conduit au *caoutchouc chloré*, utilisé pour la préparation de revêtements résistant à la corrosion. La préparation de caoutchoucs synthétiques du type chloroprène (néoprène) par condensation du gaz chlorhydrique avec le monovinylacétylène et polymérisation n'est pas pratiquée en France.

Les *chlorures décolorants*, qui ont constitué longtemps les seuls débouchés du chlore, ont perdu beaucoup de leur importance.

Toutes les usines de chlore préparent de l'*extrait de Javel* en envoyant leur chlore de dégazage dans de la soude à 28° Bé, maintenue à une température inférieure à 35° afin d'éviter la formation de chlorate. Cette fabrication qui s'opère dans certaines usines en continu, fournit généralement un extrait à environ 50° chlorométriques que les grossistes utilisent pour préparer par dilution les extraits commerciaux à 12°.

Le *chlorure de chaux* dont la composition répond à peu près à la formule $CaOCl_2$ mais que des travaux récents font considérer comme un mélange d'hypochlorite de calcium neutre et d'hypochlorite basique, est obtenu généralement dans des tours Backmann à soles multiples où circulent à contre-courant du chlore pur et de la chaux éteinte. Cette fabrication s'opère par

1. *La Nature*, n° 3228, avril 1954, p. 155.

campagne, car l'importance de ce produit a beaucoup diminué. Sa production qui dépassait 50 000 t en 1930 et exigeait plus de 10 000 t de chlore, en demande aujourd'hui moins de 2 000 t.

Le vieux procédé d'Oersted consistant à faire agir le chlore sur un mélange de charbon et d'oxyde est encore utilisé pour la préparation de divers *chlorures volatils* : chlorure d'aluminium, employé comme catalyseur en chimie organique; chlorure de titane, utilisé comme fumigène et surtout matière intermédiaire de l'obtention du titane et de l'oxyde de titane; chlorure de silicium, base de la préparation des silicones et de la silice dispersée, et agent de cémentation.

Du chlore est également nécessaire pour préparer d'autres chlorures : chlorure de soufre Cl_2S_2, employé en vulcanisation et dans la fabrication du sulfure de carbone; chlorure de sulfuryle Cl_2SO_2, servant au chlorage de la laine; trichlorure de phosphore, nécessaire à la préparation des agents de flottage; oxychlorure de carbone Cl_2CO, utilisé pour les synthèses de matières colorantes; chlorure d'étain, obtenu par désétamage des tôles et employé comme fumigène, comme antioxydant des huiles et pour la charge des soies ; oxychlorure de cuivre $Cl_2Cu.\ 3CuO.\ 3OH_2$, anticryptogamique efficace.

Le chlore, matière première de produits chlorés organiques. — L'obtention des quatre dérivés chlorés du méthane par chloration directe, mise au point en Allemagne, n'est pas pratiquée en France. Tandis que le chlorure de méthyle résulte encore de l'estérification du méthanol, le chloroforme et le tétrachlorure de carbone sont préparés indirectement à partir du chlore : le tétrachlorure de carbone CCl_4, par action du chlorure de soufre sur le sulfure de carbone; le chloroforme $CHCl_3$, par action de la chaux sur le chloral $CCl_3 — CHO$, lui-même produit par action du chlore sur l'alcool.

L'action du chlore sur la fraction éthylénique des gaz de fours à coke permet d'obtenir le dichloréthane $CH_2Cl — CH_2Cl$ qui, utilisé pour diverses synthèses, constitue un excellent solvant des huiles, des graisses et du caoutchouc. Il sert comme solvant sélectif de déparaffinage et pour l'extraction de la caféine.

L'action du chlore sur l'acétylène conduit à toute une série de solvants chlorés particulièrement importants :

$$CH \equiv CH + 2Cl_2 \longrightarrow CHCl_2 - CHCl_2$$

Acétylène → Tétrachloréthane, $\theta e = 147°$

$$+ Ca(OH)_2$$

$$CHCl = CCl_2 + Cl_2 \longrightarrow CHCl_2 - CCl_3$$

Trichloréthylène, $\theta e = 87°$ → Pentachloréthane, $\theta e = 159°$

$$+ Ca(OH)_2$$

$$CCl_2 = CCl_2 + Cl_2 \longrightarrow CCl_3 - CCl_3$$

Perchloréthylène ou Tétrachloréthylène, $\theta e = 121°$ → Hexachloréthane sublimable à 185°

Le produit de départ est le tétrachlorure d'acétylène ou tétrachloréthane $CHCl_2 — CHCl_2$, obtenu en envoyant à la base d'une cuve contenant du fer et un pied de cuve de tétrachloréthane maintenu à 65-70° un mélange de chlore et d'acétylène parfaitement secs. Il se forme principalement du tétrachloréthane que l'on sépare par distillation (fig. 3). C'est un excellent solvant mais il est très toxique et constitue surtout un produit intermédiaire à partir duquel on prépare le trichloréthylène et éventuellement le chlorure de vinyle, par craquage.

Le trichloréthylène, qui résulte de l'action d'un lait de chaux à 80° sur le tétrachloréthane, est le solvant le plus utilisé (nettoyage à sec, dégraissage des pièces mécaniques et des vêtements, extraction des huiles, déparaffinage). Par chloration, il fournit le pentachloréthane ou pentaline qui, par hydrolyse en présence de chaux, donne le tétrachloréthylène ou perchloréthylène, bon solvant, succédané du benzène ayant l'avantage d'être ininflammable; on l'utilise pour le nettoyage et pour l'encollage des rayonnes. Sous l'action du chlore, ce produit conduit à l'hexachloréthane, corps solide, sublimable et incombustible, utilisé comme fumigène, ignifugeant des caoutchoucs, antimite et antimoustique.

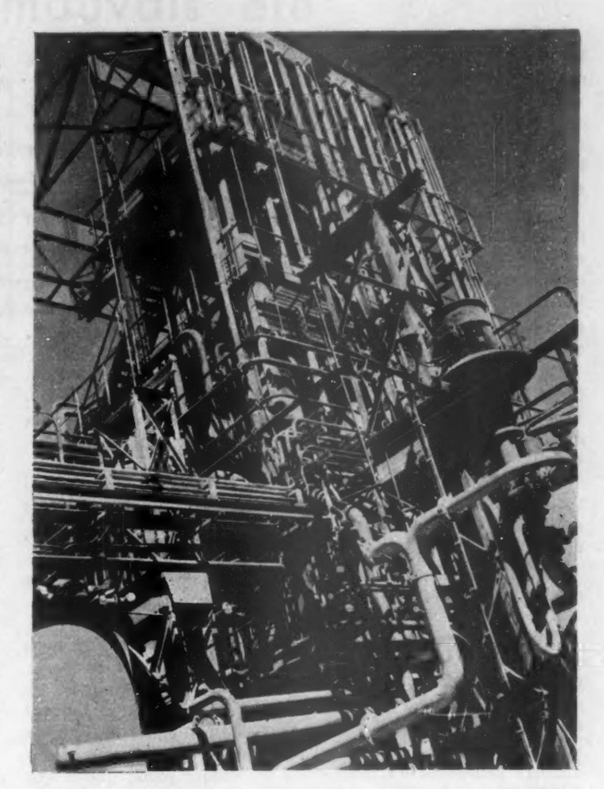


Fig. 3. — *Appareil utilisé pour la préparation du tétrachloréthane à Saint-Auban.*
(*Photo* PÉCHINEY).

L'acide monochloracétique, préparable par hydrolyse du trichloréthylène, constitue une matière intermédiaire importante.

Par chloration des paraffines, on prépare des produits plus ou moins visqueux constituant d'excellents plastifiants du caoutchouc chloré et des résines vinyliques; on les utilise dans l'industrie textile.

La chloration du benzène, en présence de catalyseurs, conduit à des mélanges de divers produits selon les conditions opératoires.

A côté du monochlorobenzène, excellent solvant utilisé pour le dégraissage et matière intermédiaire importante, on obtient l'orthodichlorobenzène, solvant et dégraissant, le paradichlorobenzène qui sert d'antimite. En poussant la chloration, on forme des produits comme le trichlorobenzène, utilisables comme huiles isolantes.

La chloration du benzène, opérée en présence de rayons ultraviolets, conduit à un mélange d'hexachlorocyclohexanes isomères, $C_6H_6Cl_6$, à partir duquel on prépare le lindane, produit contenant plus de 99 pour 100 d'isomère gamma, utilisé comme insecticide.

Le D.D.T. (dichlorodiphényltrichloréthane), insecticide important, est obtenu par condensation de monochlorobenzène sur le chloral.

La chloration des phénols permet notamment d'obtenir le dichlorophénol-2-4 à partir duquel on prépare l'acide 2-4-dichlorophénoxyacétique ou 2-4-D, hormone végétale employée pour le désherbage sélectif [1] et le pentachlorophénol, agent de conservation des bois.

La chloration du diphényle, qui résulte de la polymérisation du benzène avec déshydrogénation, à une température de 800°, conduit à des diphényles penta, hexa, hepta et même octochlorés incombustibles, très intéressants comme huiles de transformateurs, comme imprégnants de condensateurs, comme plastifiants du chlorure de vinyle ou encore comme résines, solvants, lubrifiants, liquides pour dowtherm, etc.

La chloration du naphtalène, en présence de fer comme catalyseur, fournit l'α-monochloronaphtalène, utilisé comme solvant, lubrifiant, huile de transformateur, agent d'imprégnation des bois, adjuvant de moulage, désinfectant, insecticide, désherbant.

Les dérivés résultant d'une chloration plus poussée constituent des cires plus ou moins fortement colorées qui trouvent diverses utilisations : isolants électriques, imprégnation des bois et des condensateurs en papier, produits d'entretien, etc.

Signalons également la préparation de dérivés fluochlorés du méthane et de l'éthane, agents frigorigènes.

Conclusions. — L'examen des débouchés du chlore nous a fait parcourir divers secteurs de la chimie. Il est bien certain que toutes les fabrications que nous avons évoquées ne sont pas poursuivies dans toutes les usines de chlore; suivant les circonstances de sa création, l'activité principale de la firme à laquelle elle appartient, chaque usine a développé d'une manière différente les utilisations du chlore mais, quelle que soit la direction prise, on trouvera autour de l'usine de chlore de multiples ateliers de fabrications minérales et organiques.

L'électrolyse du chlorure de sodium, opération type de la chimie minérale, a en effet renversé les barrières qui existaient entre les chimies industrielles minérale et organique. Les grandes firmes spécialisées de l'industrie minérale, amenées à produire du chlore, ont été tout naturellement conduites à utiliser ce produit et à joindre à leurs fabrications minérales des fabrications organiques.

Nous avons tenu, en classant les applications du chlore, à distinguer celles où il disparaissait en tant que produit fini de celles où il est transformé en un produit chloré utilisable. On a pu remarquer que ces dernières applications sont beaucoup plus importantes que les autres. De plus, au lieu d'être transformé en des quantités considérables de quelques produits, comme c'est le cas pour les autres produits de l'industrie chimique lourde (acide sulfurique et acide nitrique, par exemple), le chlore passe dans une infinité de substances (solvants, plastiques, colorants, produits pharmaceutiques, insecticides, huiles de transformateurs, cires, etc.) qui, généralement inconnues il y a quelques années, paraissent aujourd'hui indispensables à la vie moderne. C'est ce qu'a voulu sans doute exprimer un auteur américain en écrivant que la production de chlore d'un pays mesurait le degré de raffinement de sa civilisation.

Il convient enfin d'insister sur une servitude de l'industrie du chlore : sa liaison avec celle de la soude. Longtemps produit secondaire pour lequel on cherchait des débouchés, le chlore paraît maintenant être plus demandé que la soude qui, ne l'oublions pas, est également produite par caustification. Les demandes croissantes en chlore (on estime qu'en 1960 on produira 11 000 t de chlore par jour aux U.S.A.) risquant de rompre l'équilibre existant, on a envisagé de supprimer cette dépendance. C'est dans ce but qu'a été mis au point aux États-Unis, pendant la guerre, la préparation du chlore par action de l'acide nitrique sur le chlorure de sodium. Bien que le nitrate de sodium constitue un engrais apprécié des agriculteurs, il peut paraître paradoxal de libérer le chlore de la soude pour le lier à un autre produit; encore convient-il d'ajouter que la séparation du chlore du chlorure de nitrosyle d'une part, la corrosion provoquée par ces gaz d'autre part, posent des problèmes délicats.

Le traitement du sel marin par l'anhydride sulfurique, qui fournirait du sulfate de sodium et de l'anhydride sulfureux recyclé en anhydride sulfurique, susciterait des critiques analogues : liaison avec le sulfate de sodium, difficulté de la séparation chlore-anhydride sulfureux. Il semble donc que si la nécessité d'une fabrication indépendante s'affirmait, on aurait plutôt recours à l'utilisation d'acides chlorhydriques résiduaires, provenant notamment de la chloration organique, que l'on oxyderait soit par un procédé Deacon modernisé, soit par électrolyse. Ne doit-on pas envisager comme plus probable un recul de la soude de caustification devant la soude électrolytique ? Car si, en France, la production de la soude à la chaux est dominante [1] il n'en est pas de même dans les autres pays, notamment aux États-Unis où l'on produit par an 2 500 000 t de soude électrolytique contre 500 000 t de soude de caustification.

Henri Guérin,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

1. Voir : R. J. Gauthehet et R. Longchamp, Le désherbage des champs de céréales, *La Nature*, n° 3220, août 1953, p. 237.

1. *La Nature*, avril 1954, p. 154.

La fibre de kenaf en Nouvelle-Guinée

Parmi les fibres végétales qui peuvent être appelées à concurrencer le jute pour la confection des emballages, le kenaf paraît être une des plus intéressantes (voir *La Nature*, juin 1954, p. 224). Elle fait actuellement l'objet d'essais pour l'emballage de la laine en Australie ; la fibre provient de nouvelles plantations de kenaf installées dans la baie d'Oro, en Nouvelle-Guinée britannique. Ces plantations sont encouragées par les autorités du Commonwealth, dans le cadre d'un projet de développement économique de la baie d'Oro. L'exploitation Eriama, qui a loué près de 8 000 ha afin d'y cultiver du kenaf, est soutenue par un groupement de compagnies industrielles et agricoles australiennes.

L'année dernière, on avait déjà utilisé 200 emballages provenant de la première récolte de kenaf. Cette année, la récolte a été de meilleure qualité et on pourra employer environ 1 200 emballages. Il s'agit de savoir s'ils résisteront aux manipulations dans les entrepôts et à bord des bateaux. Les premiers essais semblent de bon augure.

La fusion des métaux dans le vide

De grands progrès dans la technique de la fusion et de la coulée des métaux sous vide poussé ont été rendus possibles par le perfectionnement considérable des joints d'étanchéité.

Une installation de coulée de métaux sous vide comporte essentiellement une pompe rotative à huile, en série avec une pompe de diffusion séparée de la cloche de fusion par un clapet étanche de grand diamètre. Un tel appareillage peut évacuer de 500 à 2 000 litres de gaz par seconde. A l'intérieur de la cloche se trouve le dispositif de fusion et le mécanisme de manœuvre pour la coulée. Celui-ci fonctionne, soit par basculement du creuset seul, soit par celui de l'ensemble creuset et moule, soit encore par ouverture d'un trou de coulée vers le moule placé en dessous. Le chauffage du creuset est réalisé de préférence par induction.

Cette technique présente l'avantage d'éliminer du métal les gaz occlus, spécialement l'hydrogène, et les impuretés volatiles. Les installations actuelles permettent de couler une tonne d'acier sous un vide de 0,001 mm de mercure.

Bilan d'un mauvais été

Le bilan provisoire de l'été 1954, que les climatologistes préciseront après une vérification minutieuse de tous les chiffres recueillis confirme dès maintenant l'opinion très généralement admise : la belle saison a failli à sa réputation. Cependant, malgré quelques écarts excessifs, la plupart des facteurs caractérisant le temps en France sont restés dans des limites « non exceptionnelles ».

Les valeurs moyennes données ci-après sont les moyennes des 92 jours de l'été météorologique (juin, juillet, août). Les « normales », sauf indication contraire, représentent les moyennes générales des 40 années 1891-1930. Une exception doit être faite pour l'insolation dont la série des mesures comparables ne remonte qu'à 20 ans, ainsi que pour le nombre de jours de précipitations appréciables.

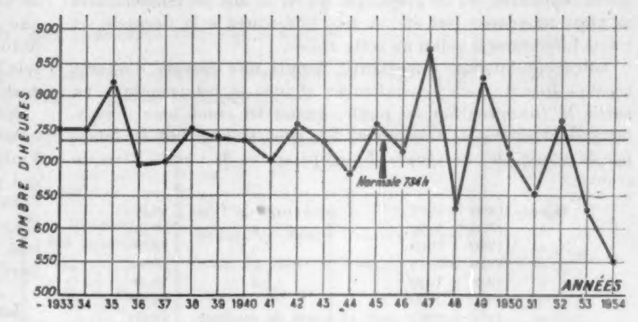


Fig. 1. — *Insolation à Paris (Montsouris) durant les étés 1933 à 1954.*

L'été 1954 à Paris (Montsouris). — Les relevés de Paris illustrent assez bien la médiocrité du temps durant l'été 1954. Sauf pour la quantité d'eau recueillie, tous les facteurs présentent un écart plus ou moins grand à la normale, se traduisant par un excédent de désagrément pour l'estivant ou le touriste.

L'*insolation* a été nettement déficitaire : 182 heures en juin, 196 h en juillet, 172 h en août, soit un total de 550 h, alors que la normale est de 734 h. Le déficit (184 h) est le plus important qu'on ait noté à Paris-Montsouris depuis 20 ans. Les insolations les moins fortes des années précédentes étaient de 626 h en 1953, 628 h en 1948, 651 h en 1951.

On ne peut cependant tirer aucune conclusion concernant ces anomalies, vu le peu d'observations de la série de 20 années.

Les *nombres d'heures et de jours de pluie* sont plus significatifs : alors qu'en moyenne il pleut durant 87 h, réparties sur 36 jours, il y a eu, durant l'été 1954, 108 h de précipitations affectant 46 j. Cependant ces précipitations, durables mais de faible intensité, n'ont finalement donné qu'un total pluviométrique modéré : 133 mm, la normale des trois mois d'été étant de 159 mm.

Puisque c'est bien la durée de chute et non la quantité d'eau recueillie qui a donné à cette saison sa réputation d' « été pourri », on constatera que bien d'autres années ont nettement battu 1954 sous ce rapport : 1927 accuse pour les trois mêmes mois 145 h de pluie (au lieu de 108 cette année) réparties sur 53 j (au lieu de 46); 1948 (52 j), 1941 (46 j), 1936 (50 j), 1931 (50 j), 1930 (53 j), 1924 (51 j) ont connu autant, ou plus, de jours pluvieux que 1954.

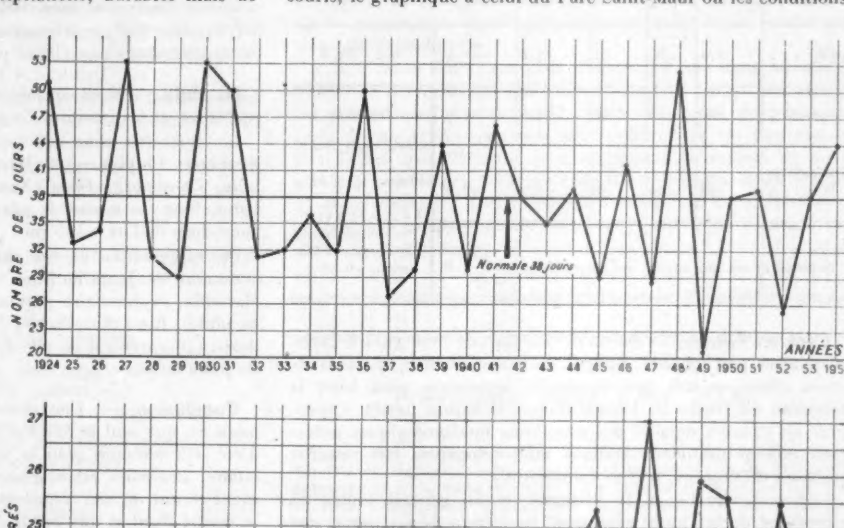
Les *températures* présentent un déficit marqué, les maxima étant plus sensiblement inférieurs à la normale que les minima.

La température moyenne de l'été 1954 (17,2°) présente un écart de 1° avec la normale (18,2°); la moyenne des maxima (21,9°) un écart de près de 2° (normale : 23,7°); et les minima sont inférieurs de 0,3° seulement (12,5° au lieu de 12,8°). Ces faits s'expliquent par la faible insolation, compensée partiellement par la couverture nuageuse nocturne qui a souvent empêché les pertes par rayonnement.

Au total, l'été n'a offert à Paris que 2 jours de chaleur (température supérieure à 30°) : 1 en juin et 1 en août. La température a été supérieure à 25° au cours de 14 journées : 4 en juin, 3 en juillet, 7 en août. Dans l'ensemble, ces températures, bien qu'inférieures à la normale, ne sont pas exceptionnelles.

La moyenne des températures de l'été a été de 16,7° en 1890; le minimum moyen, de 11,5° en 1907; et le maximum moyen de 21,3° en 1890.

Les chiffres ci-dessus se rapportent à l'observatoire de Montsouris, le graphique à celui du Parc Saint-Maur où les conditions



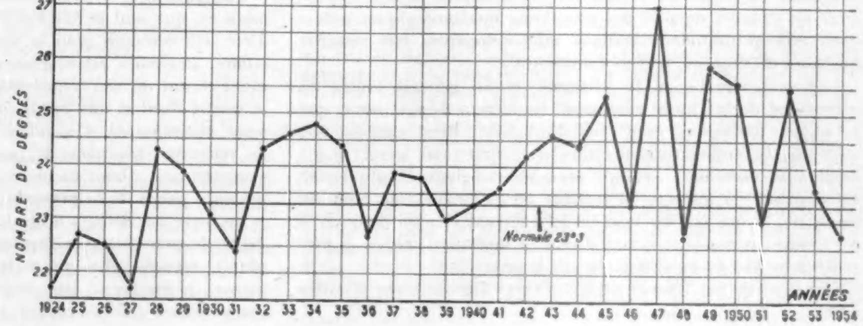


Fig. 2 (*en haut*). — ***Nombre de jours de pluie à Paris (Saint-Maur) durant les étés 1924 à 1954.***

Fig. 3 (*ci-contre*). — ***Moyenne des températures maxima à Paris (Saint-Maur) durant les étés 1924 à 1954.***

locales entraînent des valeurs légèrement différentes. On remarquera cependant sur ce graphique qu'en 30 ans les températures maxima moyennes ont été 11 fois inférieures à la normale, et 7 fois inférieures à celles de cette année.

Autre constatation importante, depuis une dizainé d'années les étés furent assez généralement chauds et cela explique en partie la consternation du public quand les conditions deviennent soudain moins favorables. En effet si l'on fait le bilan, par décennie, des moyennes de températures de l'été à Paris on trouve :

Années 1880 à 1889,	moyenne de l'été :	18,0°
» 1890 à 1899,	»	18,3°
» 1900 à 1909,	»	18,2°
» 1910 à 1919,	»	18,1°
» 1920 à 1929,	»	18,1°
» 1930 à 1939,	»	18,9°
» 1940 à 1949 avec 11 jours de chaleur) :		19,0°

Rappelons que la normale générale est 18,2°. La température moyenne de l'été 1954 (17,2°) risque de faire redescendre la normale de la décennie 1950-1959 au-dessous des 19° atteints par la précédente.

Tableau I

Principales caractéristiques de l'Été 1954 a Paris (Montsouris)

	Heures de soleil	Précipitations		Températures		Extrêmes des mois
		En mm	Jours	Moyenne générale	Maxima (moyens)	
Juin	182	46	12	16,8	21,5	7,4 ; 30,9
Juillet	196	31	17	17,1	21,9	9,0 ; 29,7
Août	172	56	17	17,8	22,4	9,5 ; 34,3
Trimestre	550	133	46	17,2	21,9	*Records* Soleil : 1954, 550 h.
Normale de l'été	734	159	36	18,2	23,7	Pluie : 1927, 53 j.
Ecart à la normale	— 184	— 26	+ 10	— 1,0	— 1,8	Température moyenne la plus basse pour l'été : 1890, 16,7°.

L'été en France. — Au total, le temps de l'été 1954 à Paris, frais, assez peu humide, malgré un grand nombre de jours de petite pluie, et très peu ensoleillé, représente assez bien la moyenne du temps en France durant la saison passée. Cependant un examen détaillé des conditions météorologiques notées dans une quinzaine de stations météorologiques fait ressortir quelques différences, parfois importantes.

Certaines régions de la Bretagne, et en général toutes les côtes ouest de la France connurent les mêmes désagréments que la région parisienne avec plus d'intensité. Brest cumula une moyenne de températures maxima particulièrement basse (16,9° ; écart à la normale : — 3,9°) avec un excédent de pluviosité, en quantité (73 mm) et en nombre de jours (14 j de pluie en excédent, ce qui fait un total de 52 j durant chacun desquels il est tombé au moins 0,1 mm d'eau); l'insolation, enfin, y présente avec 482 h, un déficit de 198 h pour l'été.

Certaines de ces valeurs sont d'ailleurs dépassées par d'autres villes.

L'insolation. — Nantes, avec 546 h de soleil, accuse un déficit de 240 h et si le déficit de Lille (généralement moins ensoleillée que Nantes) n'est que de 197 h, l'insolation de cette ville du Nord n'atteint que 437 h. Il semble que le nombre d'heures de soleil de la moitié Nord de la France soit inférieur ou au plus égal à 550 h.

Au contraire, tout le Sud-Est a connu un excédent, parfois notable, d'heures de soleil (plus de 1 000 h de Montpellier à Vintimille). Lyon approche de la normale grâce au mois de juin qui y fut peu nuageux (écart à la normale : + 49 h).

Dans tout le midi méditerranéen (sauf en août à Marseille) l'insolation a été excédentaire durant les trois mois d'été. Partout ailleurs (sauf à Toulouse en août), ce facteur a été déficitaire pour chacun de ces trois mois.

La température. — Parmi les villes choisies, aucun maximum moyen n'atteint la normale;

— seul le minimum moyen de Strasbourg (+ 0,4) et celui de Perpignan (+ 0,5) excèdent, de peu, la normale;

— aucune moyenne générale (maximum + minimum)/2 de cet été n'atteint la normale, sauf pour Strasbourg, qui avec 17°4, la rejoint tout juste.

Les plus grands écarts négatifs aux normales sont :

— 3,9° (moyenne des maxima) à Brest;
— 3,7° (moyenne des maxima) à Lille;
— 3,3° (moyenne des maxima) à Bordeaux;
— 3,1° (moyenne générale) à Brest;
— 2,6° (moyenne générale) à Lille;
— 2,3° (moyenne générale) à Saint-Jean-de-Luz;
— 2,3° (moyenne des minima) à Brest;
— 2,2° (moyenne des minima) à Saint-Jean-de-Luz et Nice.

Les maxima, comme il a été dit pour Paris, ont été en général plus déficitaires que les minima.

Les écarts les plus faibles aux normales sont :

0,0° (moyenne générale) à Strasbourg;
— 0,2° (moyenne générale) à Perpignan.

L'extrême Est paraît avoir connu, ainsi que le Roussillon, un été sensiblement normal du point de vue de la température.

La pluie. — Nous considérons séparément les quantités d'eau recueillies et les nombres de jours de pluie.

Les quantités sont déficitaires à Paris, Rennes, Strasbourg, Toulouse, Perpignan et Marseille. Elles sont excédentaires à Lille, Cherbourg, Brest, Nantes, Bordeaux, Saint-Jean-de-Luz, Lyon, Nice. Le record de pluviosité de ces villes est détenu par Saint-Jean-de-Luz : 435 mm (excédent : 208 mm).

On rapprochera de ces listes celles des jours pluvieux. Le « nombre de jours de pluie » est déficitaire à Lyon, normal à Marseille, excédentaire partout ailleurs. Saint-Jean-de-Luz (53 j de pluie), Brest (52), Nantes (49), Strasbourg (48), Paris et Bordeaux (46), arrivent en tête de la pluviosité quant à la fréquence de jours de pluie.

Conclusion. — Une première constatation générale de ce bilan est que seul le Sud-Est s'est approché d'un climat normal d'été sauf toutefois pour la température très généralement déficitaire. Les côtes atlantiques et l'extrême Est ont particulièrement connu un ciel fréquemment nuageux et souvent pluvieux, la moitié Nord et une partie du Sud-Ouest un manque de soleil, assez exceptionnel. Cependant, répétons-le, il n'est pas besoin de remonter loin dans le passé pour rencontrer d'autres étés s'apparentant d'une manière ou d'une autre à celui-ci sur la majeure partie de la France.

En 1948 les déficits d'insolation et de température, les excédents de précipitations (hauteurs d'eau et nombre de jours de pluie), répartis plus ou moins régulièrement au cours de la saison, présentaient des moyennes d'une médiocrité presque comparable à celle de cet été, et notamment un excédent général

Tableau II

Caractéristiques de l'Été 1954 comparées avec les normales

Les normales pour la température et les hauteurs de pluie sont celles de 1891-1930; pour les jours de pluie 1921-35; pour l'insolation 1933-53 (Paris), 1926-35 (autres stations).

	Températures						Précipitations				Heures de soleil	
	Moyenne des maxima		Moyenne des minima		Moyenne des moyennes		Hauteur en mm		Nombre de jours		Total	Norm.
	1954	Norm.	1954	Norm.	1954	Norm.	Totale	Norm.	Total	Norm.		
Paris	21,9	23,7	12,5	12,8	17,2	18,2	133	159	46	36	550	734
Lille	19,5	23,2	11,0	12,3	15,2	17,8	228	185	45	41	437	634
Cherbourg	17,1	19,1	12,3	13,3	14,7	16,2	195	168	39	33		
Brest	16,9	20,8	10,8	13,1	13,8	16,9	222	149	52	38	482	680
Rennes	20,5	23,3	11,2	11,4	15,9	17,4	140	146	37	36	550	615
Nantes	21,3	23,1	11,2	12,4	16,3	17,8	201	151	49	38	546	786
Bordeaux	22,6	25,9	12,1	13,6	17,3	19,8	181	159	46	36	616	734
Saint-Jean-de-Luz	20,9	23,1	13,8	16,0	17,3	19,6	435	227	53	33		
Strasbourg	22,5	23,1	12,2	11,8	17,4	17,4	222	233	48	42	520	655
Lyon	24,7	26,5	13,4	14,3	19,0	20,4	292	237	31	34	754	752
Toulouse	23,9	26,6	12,8	14,2	18,4	20,4	121	154	27	26	691	740
Perpignan	26,5	27,4	17,0	16,5	21,8	22,0	79	94	20	14	890	833
Marseille-Marignane	26,6	27,9	15,2	15,5	20,9	21,7	44	69	9	9	1 019	1 003
Nice	24,9	26,3	16,5	18,7	20,7	22,5	110	90	12	9	1 011	927

du nombre de jours de pluie de 5 à 14 j, un déficit de soleil, sauf dans le Sud-Est, allant de — 100 à — 280 h.

En 1936 les écarts importants avaient généralement été concentrés au cours du mois de juillet, mais les résultats pour l'ensemble de la saison étaient aussi du même ordre de grandeur (déficit général de l'insolation, sauf à Marseille; déficit général de la température, sauf à Paris et à Strasbourg; excédent des jours de pluie, sauf dans le Sud-Est).

Enfin on connaît d'assez nombreux étés affectés isolément par de plus grands excès pluviométriques ou de plus grands déficits de température.

Sans remonter plus loin dans le cours des statistiques et pour nous reposer des chiffres, citons deux textes qui tendent à prouver que le prétendu dérèglement des saisons n'est pas un fait nouveau.

Destouches écrivait en 1750 un prologue à la *Tribune de l'Automne* où Mercure, de la part de Jupiter, s'adresse en ces termes aux Saisons :

... Par vos dissensions maintenant aveuglées
Vous êtes toutes déréglées
Et l'on ne voit plus de Printemps
Que dans quelques fades romans.
La saison de l'Été couverte de nuages
Est froide et féconde en orages.
L'Automne, au grand respect des malheureux humains,
Paraît depuis des ans sans porter de raisins
Et l'Hiver, faisant l'agréable,
Laisse couler les eaux en pleine liberté
Et prive les mortels du plaisir délectable
De boire frais pendant l'Été...

Par ailleurs, en 1821, le ministre secrétaire d'État à l'Intérieur adressait à tous les préfets une circulaire qui débutait ainsi : « Messieurs, depuis quelques années, nous sommes témoins de refroidissements sensibles dans l'atmosphère, de variations subites dans les saisons, d'ouragans et d'inondations extraordinaires, auxquels la France semble devenir de plus en plus sujette... » En conclusion le ministre invitait les administrateurs des départements à rechercher si ces modifications du climat n'étaient pas dues aux nombreux déboisements effectués depuis la Révolution; certains répondirent que les déboisements américains étaient responsables de ces dérèglements.

Notre conclusion sera empruntée à un article de l'inspecteur général J. Sanson paru dans *La Météorologie* en 1946, époque où de nombreuses personnes croyaient aussi à un bouleversement de l'atmosphère :

« Il n'existe donc, pas plus maintenant que dans les siècles passés, de dérèglements des saisons : de tout temps, ces dernières ont présenté des anomalies, dont les causes ne paraissent avoir aucun rapport ni avec les modifications, si importantes soient-elles, que l'homme peut apporter à la surface de notre planète, ni avec les inventions qu'il est susceptible de réaliser ou de développer : quelle que soit l'énergie qu'il pourra mettre en jeu, elle ne sera jamais qu'infime vis-à-vis de l'énergie des forces de la nature. »

Roger Clausse et André Guérout,
Ingénieurs de la Météorologie

Prévisions pour l'An 2000

Dans une conférence faite à l'Université de Southampton, Sir Harold Hartley a ainsi caractérisé le progrès de la recherche scientifique en Grande-Bretagne : les crédits de la recherche qui, en 1900, atteignaient 60 000 livres sterling pour les universités et 10 millions de livres dans l'industrie, sont passés en 1950 à 16 millions de livres pour les universités et à 50 millions pour l'industrie. L'orateur a ensuite évoqué l'avenir du développement technologique. Les statistiques d'avant-guerre considéraient que 70 pour 100 de la production de matières premières était consacré à l'alimentation, 30 pour 100 seulement à l'industrie. Sir Harold Hartley estime qu'en l'an 2000 la consommation d'énergie aura crû de 125 pour 100 par rapport à 1950, et celle des matières premières de 300 pour 100, la population du globe atteignant alors 3 300 millions d'individus au moins. La consommation d'énergie, problème majeur, serait l'équivalent de 7 500 millions de tonnes de charbon, mais elle sera probablement pour une grande part fournie par des usines atomiques et hydroélectriques.

Comment nagent les Poissons

La marche, le saut, le vol ont donné lieu à de nombreux travaux auxquels la cinématographie, et notamment la cinématographie ultra-rapide, a apporté de précieux documents. Les déplacements des êtres vivant en milieu aquatique ont été beaucoup moins étudiés. Une observation sommaire mais attentive permet déjà de faire une intéressante constatation, c'est que si un poisson se sert de ses nageoires pour de très petits déplacements ou pour modifier sa position sur place, tout mouvement important ou rapide est accompli à l'aide d'ondulations de tout son corps, les nageoires étant alors repliées, de même que bien des oiseaux replient leur pattes pour le vol, et un avion son train d'atterrissage. Dans ce premier article, le professeur Matschinski étudie les modalités de la nage des poissons ; dans un second article, il envisagera les déplacements des êtres aquatiques en général.

★

Comment nagent les poissons ? Ce problème ancien n'est pas aussi simple qu'il semble à première vue. Une étude approfondie de cette question faite dans les dernières années par plusieurs savants a amené à des résultats que beaucoup pourront trouver surprenants. Elle a montré que la mécanique de la nage est beaucoup plus simple qu'on ne le pensait, mais en même temps qu'elle est composée de mouvements d'un type très éloigné de ceux qu'on avait imaginés généralement. Le mot de « nageoire », venu de l'usage populaire et enraciné dans la science, est fondé sur un malentendu : ce n'est pas à l'aide de leurs nageoires que les poissons nagent.

Bien que la question soit liée à des problèmes très compliqués de mécanique théorique, nous essayerons de les présenter de la façon la plus simple et aussi dépourvue de mathématiques qu'il est possible.

Le problème de la nage et des mouvements des Poissons en général ne relève pas uniquement, selon nous, de considérations de mécanique. Nous avons exprimé ailleurs notre point de vue à ce sujet (La mécanique de la nage chez les Poissons, *Bulletin français de Pisciculture*, octobre-décembre 1953) et ce point de vue est loin d'être mécanistique. Mais tous les êtres vivants, l'Homme comme le Poisson, sont obligés de se plier et de s'adapter aux exigences des lois physiques et mécaniques. C'est seulement de ce point de vue que la question sera ici considérée. Les lois mécaniques imposent aux êtres vivants des restrictions dans le choix de leurs mouvements et la diversité avec laquelle ils répondent à ces exigences et à ces restrictions est étonnante. La nage des Poissons n'est qu'une seule des nombreuses possibilités de résoudre le problème du déplacement en milieu aquatique.

Forces et vitesses développées par les poissons dans leur mouvement. — Le mécanisme du mouvement qui est à la disposition d'un poisson est très parfait. Comme nous le verrons plus loin, il correspond à un optimum de rendement mécanique parmi tous les mécanismes imaginables pour nager dans les condtions données. Pour se persuader de l'efficacité de ce mécanisme, il suffit d'évoquer les distances que les poissons peuvent couvrir; le voyage accompli par l'Anguille d'Europe qui naît dans la Mer des Sargasses et y retourne pour se reproduire en est l'exemple maintenant le mieux connu. Seules les migrations de certains oiseaux peuvent lui être comparées. Il est vrai que le Poisson est dispensé d'un effort particulier pour se soutenir, son corps étant d'une densité très voisine de celle du milieu dans lequel il baigne.

Les vitesses que peuvent développer les poissons sont parfois très grandes. Par exemple, on a évalué la vitesse développée par un espadon qui a fait pénétrer son rostre dans un bateau dont la coque était recouverte d'une plaque métallique. Au Kensington-Museum de Londres on conserve une partie de la varangue d'un bateau avec un rostre d'espadon qui y a pénétré et qui s'y est cassé. La vitesse de l'espadon dans son attaque devait dépasser celle des bateaux les plus rapides.

On aperçoit à première vue que les nageoires sont trop molles pour permettre aux poissons d'accomplir de telles performances. E. Rabaud a pu supprimer les nageoires de poissons d'eau douce sans que ceux-ci paraissent en souffrir sensiblement dans leur natation. Le calcul confirme cette inaptitude des nageoires. Le résultat étant négatif, nous le mentionnons sans entrer dans le détail.

Certains ont soutenu que le poisson se mettait en mouvement à l'aide de sa queue. La simple comparaison avec un canot à une seule rame montre qu'un tel mouvement est toujours lent, relativement aux autres mécanismes de mouvement.

Il faut donc chercher quelque autre mécanisme du mouvement, qui soit conforme aux possibilités musculaires et, plus généralement, aux dispositions anatomiques des Poissons. C'est Chouleikine qui a établi la théorie exhaustive de ce mécanisme de nage sur la base expérimentale de nombreux films cinématographiques. L'idée générale est que le poisson décrit une sorte de mouvement ondulatoire plus ou moins compliqué. Ce mouvement prend la forme la plus simple chez l'Anguille; pour cette raison nous commençons par examiner la nage de ce poisson.

Mouvement ondulatoire dans la nage de l'Anguille. — Il existe de nombreuses photographies des différents poissons, et parmi eux des anguilles, en train de nager. Un schéma d'un tel

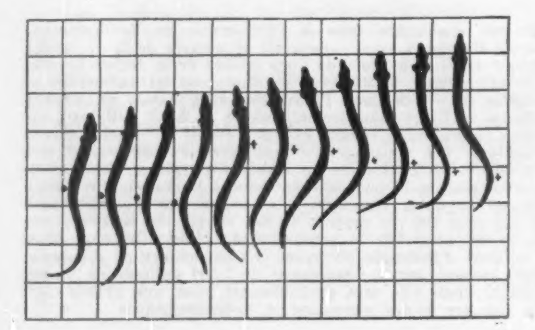


Fig. 1. — ***Images successives d'une anguille nageant.*** Les signes • et + indiquent les positions successives des crêtes des ondes qui courent le long du corps du poisson.

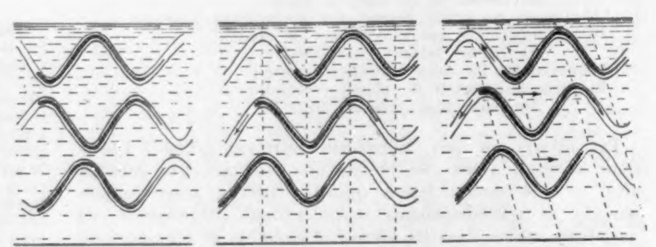


Fig. 2, 3 et 4. — ***Canaux imaginaires produits autour d'une anguille : ondulant sans se déplacer*** *(à gauche)*, ***nageant en eau artificiellement immobilisée*** *(au milieu)*, ***nageant en repoussant l'eau*** *(à droite)*.

film est donné par la figure 1. On voit facilement que le mouvement de l'anguille est composé de deux mouvements élémentaires : un déplacement d'ensemble, uniforme, vers l'avant, du poisson entier; et une onde courant le long du corps du poisson. La notion d'un déplacement uniforme vers l'avant ne nécessite pas d'explications; au contraire, le concept d'onde courant le long du corps exige quelques explications en dépit de sa simplicité.

Rappelons par l'exemple élémentaire d'un tube de caoutchouc quelques notions concernant un mouvement ondulatoire. Frappant notre tube en quelque point, nous le mettrons en mouvement, mouvement d'un type très général appelé ondulatoire. Il est caractérisé par l'existence de deux sortes de vitesses : vitesse réelle du déplacement du tube perpendiculairement à son axe et vitesse apparente de déplacement de l' « onde » le long de l'axe. Dans ce dernier mouvement, ce ne sont pas les particules du tube qui se déplacent le long de l'axe, ce sont les états, les situations ou, comme on dit, les *phases* qui se déplacent. Par l'expression de phase on peut comprendre ici le degré d'éloignement d'une partie du tube de sa position initiale à un instant donné. En chaque point donné du tube cette distance varie sans cesse durant la vibration. Mais on peut fixer son attention sur une distance déterminée, par exemple sur une distance égale à 1 mm. Supposons qu'au moment où nous avons commencé nos observations, ce soit un point A du tube qui soit situé à 1 mm exactement de sa position initiale; les autres points ont des déviations supérieures à 1 mm, ou inférieures à cette quantité. A un instant ultérieur, nous pourrions observer que ce n'est pas le point A mais un autre point B, qui est dans la phase donnée (déviation égale à 1 mm), le point A étant maintenant dévié d'une quantité différente, en plus ou en moins. Aucun point matériel ne s'est déplacé du point A au point B, c'est la phase seule, la position qui s'est déplacée. La distance entre A et B divisée par la durée du temps écoulé entre le moment où notre phase était en A et celui où elle est venue en B est la *vitesse de l'onde*. Enfin le temps nécessaire en un point donné pour revenir d'une phase à elle-même est la *période*. La notion de longueur d'onde est tellement courante que nous la laissons sans explication.

Il y a naturellement une grande différence entre une onde qui court le long d'un tube de caoutchouc et une onde qui se propage le long du corps d'un poisson. Dans le premier cas les ondes sont provoquées par le coup initial et la réaction des forces élastiques du caoutchouc tendu; dans le deuxième cas ce sont les forces de la matière musculaire vivante qui provoquent cette onde et la maintiennent. Une autre différence, encore plus importante, est que l'exemple du tube est un exemple de mouvement ondulatoire pur, tandis que le corps du poisson est sujet à deux mouvements : celui de l'onde, et un déplacement uniforme. Sur la figure 3 ces résultats sont représentés schématiquement : on voit une anguille se déplaçant en entier et ondulant. Ce double mouvement peut être aussi représenté comme un mouvement de l'anguille dans un canal imaginaire curviligne. Ce schéma ne représente qu'une première approximation et ne pourrait être réalisé que dans un liquide idéal, c'est-à-dire un liquide sans friction où l'anguille pourrait « glisser » sans entraîner des particules de liquide.

Un autre cas extrême est représenté par la figure 2 où l'anguille ondule sans se déplacer. Ce cas correspond à un liquide infiniment visqueux. Dans un liquide réel, dans l'eau par exemple, le schéma d'un tel mouvement se présente comme une sorte de situation moyenne entre les figures 2 et 3; ce schéma est donné dans la figure 4. On voit sur cette figure que l'anguille repousse l'eau autour de soi et que tout le canal imaginaire se déplace, relativement lentement, dans le sens contraire au mouvement de l'anguille.

La résistance de l'eau doit équilibrer, d'après les lois mécaniques, la force nécessaire au mouvement (force propulsive). On peut s'imaginer cette force à l'aide de l'exemple suivant. Imaginons une anguille solidifiée dans sa forme sinusoïdale; on peut, par exemple, la chloroformer ou la congeler. Traînons cette anguille raidie à travers l'eau; la force nécessaire pour la traîner est la même que celle qui est nécessaire au poisson pour se mettre en mouvement. C'est justement la force qui doit être développée par son système musculaire.

Les figures 2, 3 et 4 ne sont naturellement que des schémas; pour avoir une image exacte de la réalité, on doit revenir à des photos. Pour déterminer la vitesse du mouvement ondulatoire qui se propage le long du corps du poisson (une anguille dans le cas de la figure 1), on doit fixer une phase quelconque. Choisissons à cet effet la crête au sommet de l'onde; on l'a marquée par un petit point noir dans la figure 1. Sachant que le temps écoulé entre deux photos successives est toujours le même, on voit que le corps du poisson se déplace vers l'avant avec une vitesse constante, tandis que l'onde se propage en sens contraire et aussi avec une vitesse constante. En mesurant sur les photos des déplacements correspondant à ces deux vitesses et en les divisant par l'intervalle de temps entre deux photos, on obtient facilement les vitesses elles-mêmes. Par exemple, des mesures faites sur la figure 1 il résulte que la vitesse de l'onde est deux fois plus petite que celle du déplacement du poisson. On ne doit pas oublier que ce que nous mesurons sur les photos n'est que la vitesse relative de l'onde, relative à notre appareil photographique. La vitesse relative au corps du poisson, c'est-à-dire la vitesse considérée du point de vue du poisson (et c'est cette vitesse qui nous intéresse) est la somme des deux vitesses mesurées; dans le cas de la figure 1, cette vitesse relative au corps du poisson est une fois et demie plus grande que la vitesse de déplacement d'ensemble du poisson. Les chiffres cités ne sont qu'un exemple correspondant à des photos déterminées; pour d'autres poissons et d'autres cas, ils peuvent être très divers. Chouleikine a établi une relation très intéressante permettant de calculer tous les éléments du mouvement du poisson en partant de ces deux vitesses fondamentales (vitesses du déplacement et vitesse de l'onde).

Mais, parmi les poissons, les anguilles ont une forme relativement exceptionnelle : elles sont presque cylindriques. La plupart des poissons sont fusiformes. Pour les individus de cette dernière forme, la théorie est un peu plus compliquée que pour les poissons de forme cylindrique. Examinons donc maintenant les mouvements des poissons fusiformes en choisissant, par exemple, le Maquereau.

Mouvement ondulatoire dans la nage des poissons fusiformes. — Les positions successives d'un maquereau pendant la nage sont représentées sur la figure 5. Ces dessins ont été réalisés à l'aide de photos analogues à celles de la figure 1, mais pour obtenir la figure 5 les images du poisson ont été découpées sur les photos et disposées de façon que le déplacement en avant soit supprimé.

En outre, sur les images du poisson, des lignes blanches ont été tracées, indiquant les positions de l'épine dorsale. Le Maquereau n'étant pas un poisson cylindrique comme l'Anguille et ses contours n'étant pas parallèles, on doit rapporter le mouvement ondulatoire à quelque ligne moyenne; il est commode de prendre pour cette ligne l'épine dorsale.

En considérant les formes de la figure 5, on voit que l'onde qui se propage le long du poisson n'est pas une onde dont les amplitudes (hauteurs des crêtes) augmentent avec sa propagation d'un point à l'autre. Les positions consécutives d'une telle onde sont représentées schématiquement sur la figure 7. Pour donner une image simple de cette onde, Chouleikine rappelle l'exemple d'une vague progressant sur une pente faible : en regardant une telle vague, on voit que les crêtes croissent au fur et à mesure qu'elles s'approchent du rivage.

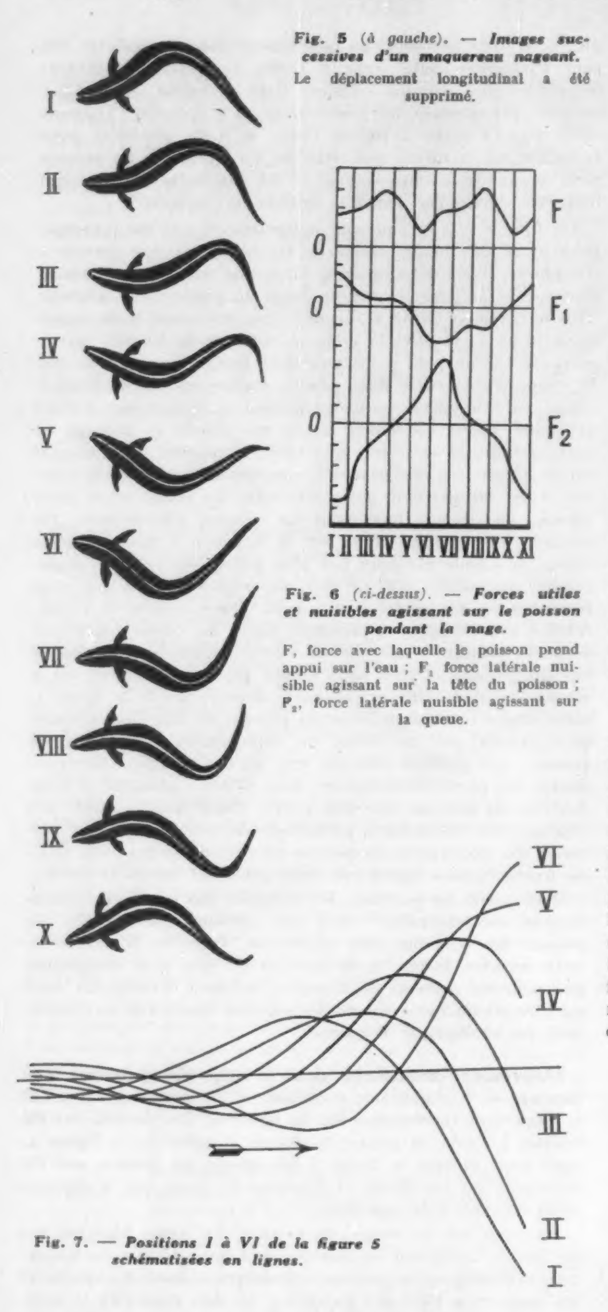


Fig. 5 (*à gauche*). — ***Images successives d'un maquereau nageant.***
Le déplacement longitudinal a été supprimé.

Fig. 6 (*ci-dessus*). — ***Forces utiles et nuisibles agissant sur le poisson pendant la nage.***
F, force avec laquelle le poisson prend appui sur l'eau ; F_1 force latérale nuisible agissant sur la tête du poisson ; F_2, force latérale nuisible agissant sur la queue.

Fig. 7. — ***Positions I à VI de la figure 5 schématisées en lignes.***

Ainsi on voit que la nage d'un poisson fusiforme se compose de deux mouvements : déplacement en avant et mouvement ondulatoire généralisé (les amplitudes augmentant vers la queue). Cette opération de « démembrement » peut être confirmée aussi bien analytiquement, comme nous l'avons fait (en découpant des photos, en les disposant sans déplacement, etc.), que synthétiquement (à l'aide du cinéma ou d'un simple stroboscope).

L'analyse du mouvement faite ici permet de calculer des forces utiles et des forces nuisibles agissant sur le poisson en différents points de son corps. Ce calcul a été réalisé par Chouleikine; les résultats en sont reportés sur la figure 6. Ces forces ne sont pas constantes; elles changent avec les déformations périodiques que subit le corps du poisson (voir la figure 5 où ces positions sont numérotées de I à X, la position XI étant la répétition de I). Les mêmes chiffres sur la figure 6 (l'axe horizontal) correspondent à ces formes instantanées du poisson. Sur l'axe vertical de la figure 6 sont portées les forces : la courbe F correspond aux forces avec lesquelles le poisson prend appui sur l'eau; ces forces sont utiles, elles sont la cause du mouvement. La courbe F_1 donne les forces latérales agissant sur la tête du maquereau; enfin, la courbe F_2 représente les forces latérales agissant sur la queue. Les forces F_1 et F_2, étant latérales, sont inutiles; mais, de surcroît, elles sont nuisibles parce qu'elles provoquent des mouvements latéraux du poisson analogues à la dérive et au lan d'un bateau.

Toutes ces forces, ou plus exactement le travail de ces forces, doit être surmonté par le travail des forces musculaires. Ces dernières sont créées par les contractions des muscles.

Le problème de la relation des mouvements d'un animal avec les contractions de ses muscles est resté non résolu de façon générale. De même, les problèmes particuliers que pose l'établissement des relations valables seulement pour tel ou tel animal n'ont pas été résolus. C'est seulement dans la théorie des contractions musculaires du poisson qu'on est parvenu à la solution de ce problème : la simplicité extraordinaire des contractions musculaires des poissons a permis de la construire. Les contractions musculaires de tous les autres animaux sont tellement compliquées que personne n'a réussi à les soumettre à un calcul mathématique.

Bien que la chose soit surprenante à première vue, précisément le mode ondulatoire du mouvement (donnant une impression vague de balancement et de glissement, mais non compliqué en soi) demande un travail des muscles extrêmement simple. Les muscles ne doivent qu'infléchir mollement et uniformément le corps du poisson. Ces déformations du poisson par les forces musculaires sont représentées sur la figure 8. On y voit une portion découpée du corps du poisson, portion infléchie formant une partie d'un cercle de rayon r. Soient : $2b$ l'épaisseur du poisson, S la longueur moyenne de la partie découpée (mesurée le long de l'épine dorsale), $S - \Delta S$, la longueur du côté contracté du poisson; enfin, la flèche C indique la direction de l'onde créée par les contractions musculaires du poisson. La géométrie élémentaire nous montre que :

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{b}{2r}.$$

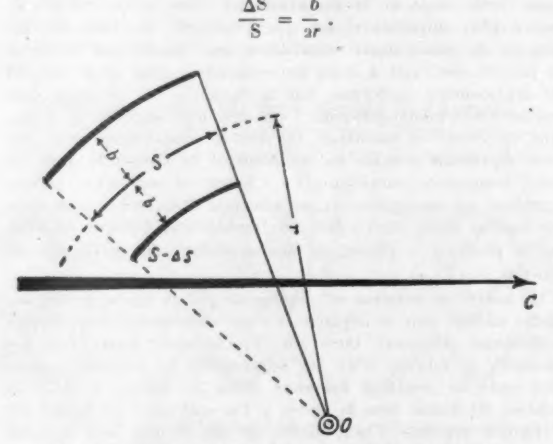


Fig. 8. — ***Partie découpée dans un poisson au moment des contractions musculaires.***
Explications dans le texte.

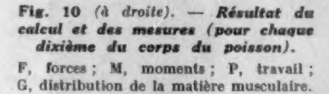
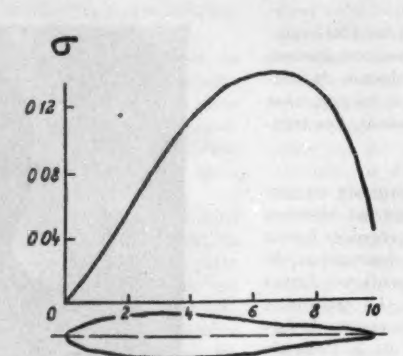
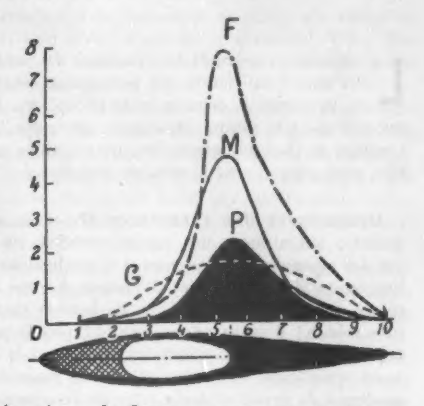


Fig. 9 *(à gauche).* — ***Valeur des contractions (σ) en fonction de la longueur du poisson (en dixièmes du corps du poisson).***

Fig. 10 *(à droite).* — ***Résultat du calcul et des mesures (pour chaque dixième du corps du poisson).***

F, forces ; M, moments ; P, travail ; G, distribution de la matière musculaire.





On peut facilement mesurer les grandeurs b et r; on les distingue nettement sur les photos. Mais quel sens a la grandeur $\sigma = \Delta S/S$? C'est évidemment la contraction relative des muscles, c'est-à-dire là valeur que nous cherchons. On voit qu'avec la formule extrêmement simple $\sigma = b/2r$ on peut calculer ces contractions. Comme la figure 5 le laisse prévoir, ces contractions ne sont pas les mêmes pour chaque portion perpendiculaire des muscles du poisson; elles sont plus faibles près de la tête et de la queue du poisson et beaucoup plus fortes dans les parties moyennes. Les mesures exactes donnent pour le Maquereau la courbe de la figure 9; l'axe horizontal indique la portion correspondante du poisson (on voit celui-ci sous la figure) et l'axe vertical les contractions musculaires relatives. On voit, par exemple, que le maximum des contractions se trouve au tiers de la longueur du poisson, le plus proche de la queue. Ces contractions, les plus fortes, atteignent 14 pour 100 : une longueur de muscle de 10 mm se contracte d'un côté de l'épine dorsale jusqu'à 8,6 mm; de l'autre côté, la partie correspondante du muscle ne se contracte pas, mais s'étire jusqu'à 11,4 mm.

Il est facile d'expliquer pourquoi le maximum des contractions musculaires ne coïncide pas avec le maximum de l'épaisseur du poisson. Comme on le voit sur la coupe longitudinale du poisson au bas de la figure 10, l'épaisseur maximum se trouve dans la région du ventre; il y a peu de muscles dans cette région et ce n'est pas là que peuvent se produire les contractions les plus fortes.

Le calcul représenté par la figure 10 nous montre la merveilleuse adaptation du poisson au but : le maximum d'un élément de la matière musculaire est mis exactement là où le travail d'un élément musculaire est maximum. En effet, connaissant la contraction relative σ, on peut calculer facilement les forces produites par ces contractions; ces forces sont représentées sur la figure 10 par la courbe F. Les moments correspondant aux forces F sont portés sur la même figure (courbe M). Le travail créé par ce moment est aussi facile à calculer; c'est la courbe P sur la figure 10. Enfin, la courbe G nous indique la distribution de la matière musculaire. En comparant ces deux dernières courbes, on voit quelle merveilleuse coïncidence offrent leurs maxima. De cette manière on peut démontrer que le fait que l'intestin et d'autres organes du poisson ne sont pas distribués uniformément le long de son corps, mais sont concentrés plus près de la tête a, entre autres, des raisons mécaniques. Pour disposer les organes et les muscles de la façon la plus rationnelle dans la forme donnée du poisson, forme déterminée par sa résistance la plus faible possible au mouvement dans l'eau, il est nécessaire de réserver exclusivement pour les muscles la place où les efforts doivent être les plus grands.

Matthias Matschinski.

Le câble amiante-silicone

Une étude parue dans le *Bulletin technique* du Bureau Veritas de mai 1954 a attiré l'attention sur un type de câble électrique dont l'isolement est constitué par des diélectriques imprégnés ou revêtus de résines silicones, gainés d'amiante, et que l'on appelle câble amiante-silicone. Il a été étudié et réalisé pour les besoins de la construction navale, mais ses qualités le rendent intéressant partout où il y a danger d'incendie.

L'utilisation de l'amiante dans les câbles électriques est relativement ancienne, mais la sensibilité de l'amiante à l'humidité les avait fait limiter aux basses tensions. L'apparition, puis la fabrication en France, après la guerre, des résines silicones, a permis d'adapter ces câbles à la tension de service de 750 V admise par les normes françaises. On a pu ainsi réaliser un câble présentant d'excellentes qualités d'isolement, incombustible et ne transmettant pas la flamme, capable d'alimenter des appareils vitaux pendant et après un incendie, alors même qu'il a été soumis à des températures élevées et mouillé par l'eau de mer. Enfin il est suffisamment souple et facile à installer. Ces qualités contrebalancent la complexité de la fabrication, qui demande des opérations plus nombreuses que celle des câbles de marine classiques.

Voici en effet comment un câble amiante-silicone est constitué. Sur l'âme, un revêtement de soie de verre, enduit de résine silicone, assure un premier isolement continu, qui se maintient, en cas d'incendie, par fusion du verre. La résine silicone assure une étanchéité parfaite à l'humidité. Une couche d'isolant de haute qualité diélectrique assure l'isolement dans des conditions de service normal. Cet isolant est ensuite recouvert d'un guipage ou d'une tresse de verre siliconé qui, en cas d'incendie, vitrifie et empêche la destruction complète du diélectrique. Celui-ci peut, en effet, être combustible. Mais, d'une part, la combustion sous verre se fait malaisément et s'arrête d'elle-même, d'autre part l'écran thermique constitué par le verre et l'amiante de la gaine protège pendant un certain temps l'isolant contre les effets de la chaleur. La gaine extérieure d'amiante tressé assure la protection mécanique et constitue un premier barrage efficace contre la propagation de la chaleur. Cette gaine est enduite d'une silicone durcissante qui améliore la résistance à l'abrasion et réalise une étanchéité à l'eau jusqu'à des pressions élevées : 7 kg/cm².

L'utilisation du câble amiante-silicone n'est pas limitée aux navires. Mentionnons les circuits avertisseurs d'incendie, les circuits d'alimentation de secours dans les grandes installations à terre, les fils d'alimentation de tous appareils de chauffage clos, par exemple des fours. Dans le dispositif d'allumage des brûleurs à mazout pour les chaudières de la centrale électrique de Gennevilliers, ces câbles ont, paraît-il, montré, dans des conditions de température de service particulièrement sévères, une durée d'usage plusieurs fois supérieure à celle de tous les autres câbles essayés. Une formule spéciale de câble amiante-silicone a été adaptée aux besoins de l'aviation.

L. P.

La vitamine D, antirachitique

La vitamine, ou plutôt les vitamines D, jouent un rôle essentiel dans l'utilisation des principaux constituants minéraux du squelette, le calcium et le phosphore. L'absence de vitamine D dans la ration alimentaire provoque, à la longue, chez l'animal et chez l'homme, des déformations osseuses. Ces troubles sont connus sous le nom de rachitisme.

Découverte des vitamines D. — Le rachitisme est une maladie ancestrale : des signes certains en ont été observés sur des ossements très anciens. Les médications proposées furent longtemps très empiriques. Pourtant, à force d'observations, de même que pour le scorbut [1], de bonnes thérapeutiques furent proposées et leur usage se répandit peu à peu. Le rachitisme fut donc efficacement combattu bien avant la découverte de facteurs spécifiques. Dès 1822, l'un des pionniers de la Pédiatrie moderne, le grand médecin français Trousseau, vantait les mérites de l'huile de foie de morue, remède qui, pendant un siècle, a connu une vogue extraordinaire, en dépit d'une répulsion bien naturelle de la part d'une proportion importante des usagers.

On avait remarqué aussi que la fréquence du rachitisme était beaucoup plus grande dans les pays nordiques : Écosse, Scandinavie, que dans les pays moins embrumés. D'où la pratique, déjà ancienne, de l'irradiation naturelle ou artificielle des malades.

Longtemps le lien unissant l'huile de foie de morue à la cure solaire resta invisible. Pourtant l'efficacité confirmée de ces deux modes de traitement allait permettre d'avancer rapidement dans la voie de l'identification des facteurs antirachitiques.

Dès la création de la notion de vitamine par Funk, en 1912, on rattacha le rachitisme aux avitaminoses. Le physiologiste anglais Mellanby montra que divers corps gras, mais non tous, renferment un facteur de calcification des os; il réussit, sur l'animal, à provoquer, au moyen de régimes appropriés, le rachitisme expérimental. L'administration d'huile de foie de poisson prévient ou guérit le plus facilement la maladie, ce qui prouve la richesse exceptionnelle de ces huiles en facteur antirachitique. Celui-ci, par suite d'une similitude de répartition, fut d'abord confondu avec la vitamine A [2] avant d'être baptisé vitamine D.

L'obtention à volonté, du rachitisme animal permit encore de vérifier que la lumière, naturelle ou artificielle, et tout particulièrement l'ultraviolet, possède de puissantes propriétés antirachitiques. On montra que des aliments naturellement inactifs deviennent efficaces après irradiation par les ultraviolets.

Un autre stade important de l'identification de la vitamine D fut la mise en évidence de sa concentration sélective dans l'insaponifiable des corps gras. Rappelons que les graisses alimentaires sont des esters d'acides gras et de glycérine et qu'ils sont solubles dans les solvants organiques : éther, chloroforme, benzène par exemple. Quand on traite un corps gras par de la soude, les esters constitutifs sont scindés en leurs constituants, glycérine et acides gras. Ces acides, en présence de la soude, donnent des sels qui sont des savons. Ce traitement, qui est réalisé à l'échelle industrielle, a reçu le nom de saponification. Il conduit à l'obtention de substances dont les caractères de solubilité sont très différents de ceux du corps gras initial : glycérine et savons sont solubles dans l'eau, insolubles dans les solvants organiques. Cependant une très petite fraction du corps gras initial ne subit pas les effets de la saponification et conserve, de ce fait, ses caractères originels de solubilité : c'est l'*insaponifiable*, que l'on isole aisément par extraction à l'éther du produit global de la saponification.

1. La vitamine C, facteur antiscorbutique, par P. Fournier, *La Nature*, n° 3218, juin 1953, p. 186.
2. Voir : La vitamine A ou Axérophtol, *La Nature*, n° 3227, mars 1954, p. 92.



Fig. 1. — *Le biochimiste allemand Windaus.*

Une analyse minutieuse de l'insaponifiable montre qu'il est en partie constitué de stérols et que cette fraction stérolique est seule à posséder une activité vitaminique D. Des travaux remarquables, parmi lesquels il convient de mentionner ceux du chimiste allemand Windaus (fig. 1), ont établi que divers stérols, inactifs par eux-mêmes, donnent sous l'effet des rayons ultraviolets, des substances antirachitiques; ce savant réussit à les isoler et à établir leur constitution.

Si l'on considère que la vitamine D n'entre dans la ration normale de l'homme que dans une proportion d'un cent-millionième, on imagine les difficultés qu'il a fallu lever pour l'isoler et la caractériser chimiquement. Actuellement l'industrie prépare des quantités relativement considérables de vitamine D.

Propriétés chimiques. — On connaît plusieurs corps que leur structure chimique et leur activité biologique permettent de ranger parmi les vitamines D. On les distingue en faisant suivre le nom de « vitamine D » d'un exposant d'autant plus grand que l'identification de la substance est plus récente. On en est arrivé à D_7 ou D_8 et la liste n'est certainement pas arrêtée. Pratiquement, seules les vitamines D_2 et D_3, qui ont fait l'objet d'études approfondies, sont d'un usage courant.

Les vitamines D sont étroitement apparentées au groupe organique des stérols, corps complexes dont la structure moléculaire (fig. 2) est caractérisée par la coexistence :

— de 3 cycles hexagonaux disposés comme dans un carbure d'hydrogène cyclique : le phénanthrène; le premier cycle porte une fonction alcool (OH);
— d'un cycle pentagonal;
— d'une chaîne latérale fixée sur ce dernier cycle.

Le dispositif réalisé par la juxtaposition des 4 cycles a reçu le nom de cyclopenténo-phénanthrène. L'importance biologique de ce squelette polycyclique est considérable : à côté des stérols, il constitue l'armature moléculaire de substances particulièrement actives comme les hormones sexuelles et corticosurrénaliennes ou comme les hétérosides cardiotoniques dont le type est la digitaline. Certains carbures cancérigènes se rattachent aussi au même schéma moléculaire.

La plupart des stérols connus sont incapables de donner des

vitamines D. Mais il en est quelques-uns, inactifs par eux-mêmes, qui peuvent se transformer en facteurs antirachitiques. Ces précurseurs sont des provitamines D.

L'ergostérol a été bien étudié par Tanret qui l'a isolé du sclérote de l'Ergot de Seigle, champignon Ascomycète parasite des grains de céréales. Ce stérol, communément répandu dans le règne végétal, est la provitamine D_2. On l'obtient habituellement à partir des levures. Soumis à un rayonnement ultraviolet, l'ergostérol conduit, par ouverture du second cycle hexagonal, à la vitamine D_2, encore appelée calciférol (fig. 2).

La provitamine D_3 est un dérivé d'un stérol abondant dans le règne animal : le cholestérol. C'est plus précisément le 7-8-déhydro-cholestérol, qui diffère du cholestérol par la perte d'une molécule d'hydrogène. A comparer les formules de ces deux corps, on remarque que cette légère modification se traduit par l'apparition, chez la provitamine D_3, d'une double liaison entre deux des carbones du second cycle pentagonal, les carbones 7 et 8. Par irradiation de la provitamine, on obtient la vitamine D_3 après une évolution chimique identique à celle que subit l'ergostérol. Du fait de son existence normale chez l'animal, la vitamine D_3 est parfois appelée la vitamine D naturelle, par opposition au calciférol, beaucoup moins répandu et d'origine surtout industrielle.

La transformation (on dit : l'activation) de la provitamine en vitamine n'est pas simple. L'irradiation de l'ergostérol fournit, en plus de la vitamine attendue toute une série de corps de constitution voisine, ayant de ce fait des propriétés chimiques semblables qui rendent leur séparation malaisée. Ces corps ne sont pas antirachitiques et, même, une irradiation trop intense ou trop longue conduit à la formation de composés toxiques. Pour cette raison, l'un d'eux s'appelle le toxistérol. C'est dire que l'obtention de la vitamine nécessite des opérations nombreuses et compliquées.

Les provitamines D absorbent sélectivement les rayons ultra-violets et c'est pourquoi l'activation de ces composés se fait bien au moyen de ce spectre particulier. Mais d'autres types de radiations ont été utilisées avec succès, les rayons cathodiques par exemple, ou divers rayonnements émis par les éléments radio-actifs. D'autres formes d'énergie, calorique ou chimique, permettent aussi d'obtenir les vitamines D.

Les formules des vitamines D_2 et D_3 ont un aspect semblable, et on pense que leur activité est liée à cette structure bien définie. Cette spécificité s'est trouvée confirmée par la connaissance exacte de la structure des vitamines D_4 et D_5, la seule différence entre ces quatre composés provenant de la constitution, assez voisine d'ailleurs, de la chaîne latérale. Mais des travaux très récents de Raoul [1] tendent à montrer que le rapport entre l'activité biologique et la structure moléculaire des vitamines D n'est pas si étroit qu'on l'avait pensé. En traitant du cholestérol par l'acide sulfurique, il se forme un carbure qui provient de l'union de deux édifices stéroliques. La transformation de ce carbure en produit antirachitique peut être réalisée par irradiation ou par traitement chimique. De tels composés existent à l'état naturel et leur structure n'est pas encore complètement établie; bien qu'apparentée à celle des stérols, elle semble assez différente de celle des vitamines D classiques.

A l'état pur, les vitamines D ont un aspect blanc cristallin. Ce sont des corps solubles dans les graisses et les solvants des graisses, insolubles dans l'eau. Comparé à beaucoup d'autres vitamines, le facteur antirachitique résiste assez bien à la chaleur et à l'oxydation. Cette stabilité a permis, à l'origine, de le différencier de la vitamine A, corps beaucoup plus délicat qui l'accompagne dans nombre de produits naturels.

Biogenèse. — Les végétaux contiennent des provitamines D en assez grande abondance, mais le facteur antirachitique lui-même ne s'y trouve qu'à l'état de traces difficilement décelables. Chez les animaux terrestres, la proportion de vitamine D est plus importante, mais reste toujours petite. Aussi la forte concentration des poissons et des huiles qu'on en retire en divers composés stéroliques actifs apparaît-elle comme une énigme. A partir de quelles substances et par quels moyens se forment-ils ?

On a d'abord pensé que les poissons trouvaient dans leur nourriture une source abondante de provitamines. Mais le plancton, les algues en renferment peu. Et il resterait à expliquer comment se fait l'activation des stérols en milieu aqueux. Les rayons ultra-violets ne pénètrent dans l'eau qu'à une profondeur médiocre, de l'ordre du mètre. Des expériences ont montré qu'en surface les poissons ne résistent que peu de temps à une forte irradiation. De plus, les végétaux marins ne possèdent que des quantités infinitésimales de facteurs antirachitiques. Il faut alors imaginer que les vitamines D prennent naissance dans le corps du poisson, à partir de stérols communs, ou par synthèse totale.

On a prétendu aussi que la transformation de la provitamine en vitamine était le fait, chez le poisson, d'un système enzymatique. C'est une pure conjecture. Pour d'autres l'activation serait causée par les radiations mitogénétiques émises par les cellules en croissance. Mais l'existence même de ces radiations est controversée. Il reste la possibilité d'une synthèse totale à partir de métabolites simples. Bien que l'emploi de molécules marquées ait montré, dans d'autres domaines, que c'est là un processus anabolique courant, les preuves manquent en ce qui concerne la biogenèse des vitamines D.

Cyclopenténo-phénanthrène

Cholestérol

OH-

Ergostérol
(Provitamine D_2)

Vitamine D_2
ou Calciférol

Déhydrocholestérol
(Provitamine D_3)

Vitamine D_3

Fig. 2. — *Structure moléculaire des provitamines et vitamines D.*

1. Y. Raoul et collaborateurs, *C. R. Acad. des Sc.*, 1953, **237**, 439.

L'origine de la vitamine D présente chez l'animal est surtout en ce qui concerne les Mammifères beaucoup mieux connue. L'alimentation en apporte des quantités petites mais les besoins en sont faibles. Peut-être les radiations mitogénétiques jouent-elles aussi leur rôle ? Mais surtout la lumière solaire est responsable de la formation de facteurs antirachitiques. La peau contient selon les estimations de 10 à 100 fois plus de provitamines que les parties internes du corps; leur activation est sous la dépendance des radiations ultra-violettes du spectre solaire. Mais là encore se pose la question de la pénétration de ces radiations. Pour certains elles n'agiraient dans la peau que sur une profondeur de 0,1 mm; pour d'autres, le pouvoir de pénétration dépasserait 1 mm. On a prétendu que la provitamine serait sécrétée par les glandes sébacées et la vitamine ainsi activée en surface serait absorbée à travers la peau. S'il en était ainsi, un nettoyage trop minutieux de la peau serait à déconseiller.



Fig. 3. — *Radiographies de la patte arrière et de la queue d'un rat rachitique* (*à gauche*) ***et d'un rat normal*** (*à droite*).
Le tibia rachitique semble formé de deux parties ; chez l'animal malade, la forme et l'écartement des vertèbres sont anormaux.
(Collection du Laboratoire de Mme Randoin).

Propriétés biologiques ; le rachitisme. — Contrairement à beaucoup d'autres avitaminoses (béri-béri, pellagre, scorbut), le rachitisme n'est pas une maladie mortelle; il guérit souvent spontanément. Mais les malformations osseuses sont parfois sévères, souvent irréversibles.

Les relations qui existent entre la vitamine D et le rachitisme ne peuvent être fixées avec précision car, d'une part, l'origine de nombreux cas de rachitisme ne peut être imputée à une carence vitaminique et, d'autre part, diverses autres affections bénéficient du traitement par les facteurs antirachitiques. Mais dans la grande majorité des cas, le rachitisme est dû à une avitaminose.

A la naissance, l'aspect de l'os laisse prévoir sa forme définitive. Mais cet os natif est mou, cartilagineux; il lui manque cette rigidité que des dépôts abondants de sels de calcium, surtout de phosphate de chaux, vont conférer à l'os plus évolué.

La consolidation de l'os est le résultat de l'intervention de deux types de cellules : les ostéoclastes, d'abord, qui désintègrent les matériaux existants, puis les ostéoblastes, apportés par le sang et qui, à mesure, forment la substance osseuse. Ce travail accompli, l'os long est constitué de ses deux extrémités renflées, solides : ce sont les épiphyses, et d'un corps compact, la diaphyse. Entre chaque épiphyse et la diaphyse demeure une mince couche de cartilage, dit de conjugaison, à partir de laquelle se fait la croissance de l'os, en longueur.

Le rachitisme correspond à une perturbation profonde des phénomènes d'ossification. Au cours de l'avitaminose D expérimentale, on constate que, rapidement, les ostéoblastes perdent leur élan créateur. La matière osseuse se forme mal ou ne se forme plus, elle se dispose de façon désordonnée. Cependant l'os continue de croître, cartilagineux. Dans les cas graves, on assiste au départ des constituants de l'os antérieurement solidifié. A la radiographie, la zone des cartilages épiphyso-diaphysaires paraît anormalement élargie, les travées osseuses irrégulièrement réparties (fig. 3 à 5).

C'est le plus souvent vers l'âge de quatre mois que se manifeste le rachitisme mais on croit qu'il peut débuter dès la vie intra-utérine. Il peut aussi se manifester pendant toute l'enfance. Le corps pèse trop, les contractions musculaires deviennent trop vigoureuses pour un squelette attardé, en quelque sorte inconsistant. Les os se déforment; leur croissance exagérée à l'état cartilagineux leur confère un aspect atypique.

Les déformations les plus habituelles sont celles de la colonne vertébrale dont les courbures peuvent prendre les positions les plus variées, la scoliose étant fréquente. La cage thoracique adopte une forme en carène. Les membres inférieurs s'incurvent plus ou moins profondément prenant parfois une allure monstrueuse. Le développement des os de la tête est aussi perturbé : la face a cet aspect spécial désigné sous le nom de « laideur rachitique »; les os craniens croissent exagérément, en particulier l'os frontal, ce qui donne ce front olympien dont l'origine, en dépit du nom et des modes, n'a rien d'enviable. Les mâchoires sont souvent mal conformées; les dents, mal implantées, se chevauchent. Leur émail, de mauvaise qualité, favorise le développement des caries dentaires. Chez le très jeune enfant, le retard dans la fermeture des fontanelles est un signe précoce, souvent isolé, de rachitisme.

La maladie s'accompagne de perturbations humorales. Dès le début, le métabolisme du phosphore s'intensifie. L'excrétion des phosphates s'accroît rapidement, au point d'abaisser le taux du phosphore sérique à la moitié de sa valeur normale. Cette élimination semble résulter d'un accroissement de l'activité de la phosphatase, diastase normalement responsable de la libération de phosphates à partir de composés organiques phosphorylés. Des travaux récents ont montré que cet accroissement de l'activité phosphatasique du sérum sanguin (que l'on juge, *in vitro*, par l'intensité de la décomposition des glycérophosphates) est le signe humoral le plus précoce d'un état rachitique.

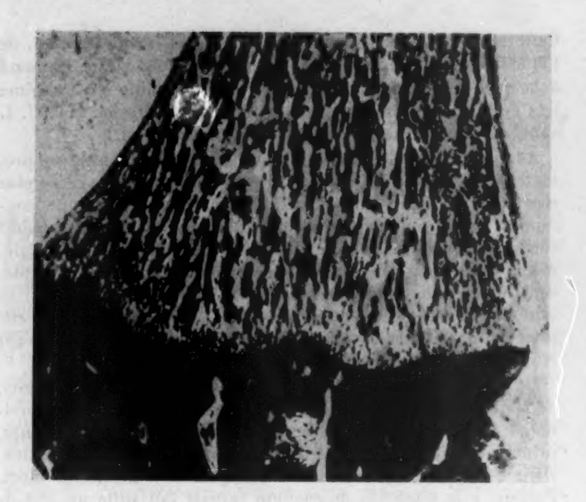
Les échanges de calcium entre l'organisme et le milieu extérieur (absorption intestinale, excrétions urinaires et fécales) sont également perturbés, mais semble-t-il, moins précocement que ceux des phosphates.

Mode d'action de la vitamine D. — Dans quelle mesure l'avitaminose D est-elle responsable de l'apparition du rachitisme ?

Les troubles de l'ossification sont réellement spécifiques de l'absence de vitamine D. Ainsi un fragment de cartilage prélevé sur un poulet rachitique conserve la propriété de s'ossifier lorsque, par implantation dans un organisme normal, des conditions de milieu favorables lui sont offertes. Les perturbations du métabolisme minéral, indifférentes à toutes formes d'administration de substances minérales appropriées, tels que sels de calcium et phosphates, régressent rapidement devant le traitement vitaminique.

Dans les quelques heures qui suivent l'administration de la vitamine, l'os malade est envahi par des vaisseaux sanguins. Les ostéoblastes s'ordonnent et, sur le champ, fabriquent de l'os. Les effets sur le métabolisme des phosphates ne sont pas moins spectaculaires : on assiste à une brusque remontée de la teneur du sérum en phosphates et à une diminution considérable de leur excrétion par l'urine.

Comment la vitamine D peut-elle réussir tant d'exploits ? En dépit du nombre et de la qualité des recherches, on ne peut encore fournir de réponse satisfaisante. Aux deux pôles de son activité, nous trouvons, d'une part, qu'elle intervient dans l'absorption des constituants minéraux du squelette, d'autre



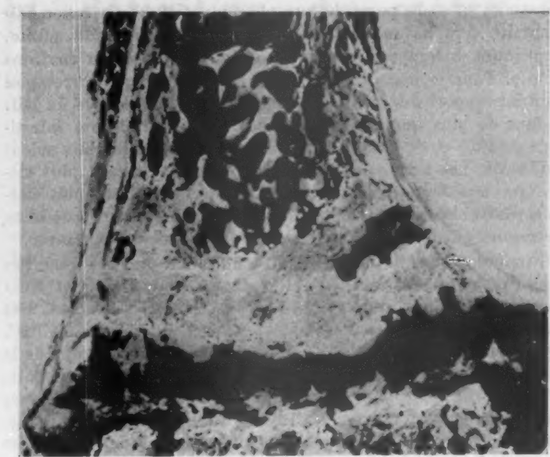


Fig. 4 et 5. — *Coupes longitudinales de la région épiphysaire d'un os long rachitique* (*à gauche*) ***et d'un os normal*** (*à droite*). (D'après Kihn).

part, qu'elle favorise le dépôt minéral dans les os. Mais s'agit-il là de phénomènes primaires directement en rapport avec le mécanisme d'action de la vitamine ?

L'addition de vitamine D à un régime rachitigène provoque, chez le rat, un accroissement de l'absorption intestinale du calcium. Et le taux de cette absorption est si finement influencé par toute addition de facteur antirachitique que nous avons proposé d'utiliser cette propriété comme critère de dosage de la vitamine (1). Les travaux déjà cités de Raoul montrent que les composés rachitiques qu'il a isolés ont la faculté de se combiner à des proportions importantes de calcium. Malgré de tels faits, nous ne pensons pas que l'intestin soit le point par lequel la vitamine D s'attaque initialement au rachitisme. En effet, des injections, même massives, de sels de calcium n'améliorent pas l'état rachitique. Ce mode d'administration qui élimine tout problème d'absorption permet de conclure que la diminution de l'absorption intestinale de calcium est la conséquence, non la cause, du défaut d'ossification.

La vitamine D est-elle directement responsable de la déposition de la charge minérale de l'os ? Dans le sérum sanguin, le calcium existe sous diverses formes. L'une d'elles est un complexe phospho-calcique, appelé « sel de l'os » qui serait, croit-on, la forme soluble précédant immédiatement la précipitation dans l'os. L'édification du complexe, ou son dépôt, dépend certainement de l'action de la vitamine D : la teneur du sang en ce complexe diminue au cours du rachitisme et se relève rapidement sous l'effet de la vitamine. Mais les raisons de cette action ne sont pas connues.

L'accroissement important et brutal de la phosphatémie est-il davantage révélateur de l'action initiale de la vitamine ? On a pensé que cette action portait sur le passage des phosphates, des formes organiques sous lesquelles ils se trouvent en abondance dans l'organisme, à la forme minérale plus proche des conditions de la précipitation dans l'os. Dans ce cas, la vitamine agirait comme activateur de la phosphatase.

Il existe une certaine communauté de symptômes entre le rachitisme et la tétanie par insuffisance parathyroïdienne. Partant de ce fait, on a prétendu que la vitamine a pour effet dominant de stimuler la production hormonale des glandes parathyroïdes. Mais, sous certains rapports, la parathormone et la vitamine D ont des effets si dissemblables, l'une favorisant le dépôt, l'autre le départ de la matière minérale de l'os, qu'on ne peut raisonnablement s'attacher à cette explication.

1. P. Fournier, *C. R. Acad. des Sc.*, 1951, **232**, 1019.

La vitamine, facteur de régulation de l'équilibre acido-basique de l'organisme ? Certes, dans le rachitisme, cet équilibre tend à être rompu du fait d'une forte déperdition de matières minérales et la vitamine rétablit vite la situation compromise. Mais cette intervention remarquable est-elle autre chose que le reflet d'une rétention minérale améliorée ?

Ainsi, alors que la connaissance chimique des facteurs antirachitiques a fait d'énormes et rapides progrès, on reste dans l'incertitude sur le processus de leur action physiologique. L'usage des isotopes radioactifs, qui a permis de résoudre tant d'autres problèmes, n'a pas fait avancer sensiblement celui-ci.

On est conduit à se demander si, en envisageant l'ossification sous l'angle unique du métabolisme minéral, le problème de l'action de la vitamine D a été bien abordé. Un os se compose pour deux tiers de matières minérales, mais aussi, pour un tiers, d'osséine qui est une matière protéique. Quelle preuve avons-nous que cette matière minérale, objet de la sollicitude de tant de chercheurs, joue le rôle primordial qui, classiquement, lui est attribué ? La marque même de la matière vivante, c'est la protéine et nous pensons qu'il y a beaucoup à attendre de l'étude de l'intervention de la vitamine D dans l'édification par les ostéoblastes de la matière protéique de l'os. Une telle opinion provient de vues nouvelles sur le métabolisme calcique et sur la physiologie de l'os. Elle se rattache à des résultats expérimentaux qui ont fait l'objet de plusieurs notes (1). Nous nous proposons de traiter prochainement cette question dans cette revue.

L'activité des vitamines D à l'égard des animaux présente des particularités intéressantes. D'une part une vitamine D donnée ne possède pas, en général, la même activité dans les diverses espèces. Ainsi la vitamine D_2 ou calciférol, efficace sur l'homme et le rat, est presque inactive sur le poulet. D'autre part, une espèce donnée répond différemment à l'administration de diverses vitamines D : le poulet, pour qui la vitamine D_2 est peu efficace, réagit très favorablement à la vitamine D_3.

Dose utile ; sources naturelles ; hypervitaminose. — Les besoins de l'homme en vitamine D sont difficiles à préciser, car la vitamine D est un facteur d'équilibre d'autant plus

1. P. Fournier, *C. R. Acad. des Sc.*, 1954, **238**, 270, 391 et 509.

nécessaire que, du point de vue phospho-calcique, la ration alimentaire sera davantage déséquilibrée. Pour l'homme adulte, l'optimum du rapport calcium/phosphore se place aux environs de 0,7. Pour le nourrisson il est de 1,3, valeur qui correspond bien au rapport des teneurs en calcium et en phosphore du lait. Il faut de plus que l'apport alimentaire et l'utilisation intestinale de l'un et de l'autre de ces deux éléments minéraux soient suffisants. Les besoins en vitamine D seront d'autant plus élevés que la valeur du rapport calcium/phosphore sera plus éloignée des chiffres précédents. On estime que l'apport quotidien nécessaire est de l'ordre de 3 à 10 millièmes de milligramme.

Nombre d'aliments courants ne renferment que des quantités négligeables de vitamine D : les viandes, les céréales et leurs dérivés, la plupart des légumes et des fruits, les graisses. Des sources convenables sont les abats, en particulier le foie, l'œuf, surtout le jaune d'œuf, le lait et, du fait de la liposolubilité de la vitamine, le beurre et les fromages gras. Tous ces aliments, d'origine animale, ne détiennent les facteurs antirachitiques qu'à la concentration du millième de milligramme pour 100 g, concentration qui ne permet que difficilement de couvrir les besoins. D'où la pratique, discutable, de la vitaminisation artificielle des aliments, réalisée soit par addition de calciférol, soit par irradiation. Comme nous l'avons vu, les poissons en contiennent de bien plus grandes quantités, en particulier les poissons gras et demi-gras : maquereaux, thons, sardines en renferment, en moyenne 50 millièmes de milligramme pour 100 g; leur foie est le lieu de stockage de la vitamine. Enfin, le soleil, intervenant au niveau de la peau, en est une source importante. L'exposition du corps à la lumière est donc bénéfique de ce point de vue.

Très souvent, on exprime la teneur en vitamine D d'un aliment ou d'un médicament en U. I. (unité internationale). Cette unité nous vient des temps héroïques, encore proches, de l'étude biologique fondamentale de la vitamine. Elle correspond à la quantité journalière qui, chez le rat soumis à un régime très déséquilibré, prévient l'apparition du rachitisme. Une U. I. vaut 0,025 millième de milligramme de calciférol.

Administrés à dose exagérée, les facteurs antirachitiques présentent une grande toxicité. La connaissance, sans cesse plus répandue, de l'existence d'un facteur d'ossification, une conception erronée de la signification des vitamines, ont conduit conjointement à un usage intempestif, générateur de dérèglements organiques graves. Des sanctions ont été prises qui replacent les préparations vitaminiques D dans leur vrai cadre : ce sont des médicaments qui ne doivent être administrés que sur prescription médicale et qui, pour certaines doses, ne peuvent être délivrés que contre la remise d'une ordonnance.

De fortes quantités de vitamine D causent des vomissements, de la diarrhée, désordres digestifs peu spécifiques. L'action dominante consiste en une calcification de divers tissus et organes, principalement des artères qui durcissent, du cœur et des reins. Dans quelques cas, les lésions organiques ont entraîné la mort. Parfois, à la rétention de calcium initiale fait suite un état de déminéralisation qui rappelle le signe proéminent du rachitisme.

Il n'est pas possible de fixer, même approximativement, la valeur de la dose toxique, trop variable d'un individu à un autre; elle semble dépendre aussi du mode et de la forme d'administration. Il suffit d'être averti que tout excès peut être dangereux.

PAUL FOURNIER,
Sous-directeur de laboratoire
au C.N.R.S.

Le dessalage des terres en Algérie

Des essais de dessalage des terres ont été entrepris depuis trois ans, dans le bas Chéliff, à la Station expérimentale des Hamadenas, et l'*Encyclopédie mensuelle d'outre-mer* signale, dans son numéro de mai 1954, que les résultats obtenus les deux premières années, dans 15 ha de terres salées, ont incité les colons de la région à s'intéresser au problème ; en 1953, dans toute cette région d'Oranie et des confins du département d'Alger, il a été planté un peu plus de 1 000 ha de riz. Il résulte des expériences faites dans ces plantations que la quantité d'eau nécessaire pour la culture du riz est de 13 000 m³ à l'hectare, quantité trois fois supérieure à celle qu'il faut pour l'irrigation des agrumes, que les rendements ont été de 40 quintaux à l'hectare, et que la terre a été nettement dessalée jusqu'à 1 m de profondeur.

Ces résultats encourageants vont permettre de poursuivre l'étude des moyens susceptibles d'assurer le dessalement des 500 000 ha environ de terres salées situées dans le bas Chéliff (200 000 ha) et dans la vallée de la Macta (300 000 ha), que l'Administration algérienne, devant la progression rapide de l'accroissement de la population, se préoccupe de rendre propres aux cultures vivrières.

Réhabilitation du crocodile

Après la réhabilitation du léopard que l'on vient de faire figurer sur la liste des animaux protégés en Afrique, voici que l'on peut prévoir celle du crocodile. Le « hideux » crocodile, tout comme l'hippopotame, prend une part importante dans l'écologie des lacs et des rivières.

En Uganda, l'hippopotame est un précieux auxiliaire de la pisciculture. Habitant des cours d'eau et des lacs, il contribue par ses excréments à la formation du phytoplancton qui, lui, sert de nourriture aux tilapias, ces poissons indispensables à l'économie indigène.

Les crocodiles auraient un rôle plus complexe, particulièrement dans les lacs de l'Est africain. Lorsqu'ils sont jeunes, ces animaux réduisent le pourcentage d'insectes appartenant à des espèces dont ils se nourrissent ; plus tard, ils s'attaquent aux crabes, grenouilles, crapauds et mollusques, puis aux poissons prédateurs, aux serpents et aux tortues et contribuent en somme à faire la police du milieu. C'est pourquoi on commence à s'inquiéter de la disparition des crocodiles dans certaines régions, notamment dans le lac Victoria.

Mesure de la dureté des aciers par leur perméabilité magnétique

La martensite est le constituant cristallin dur des aciers obtenu par précipitation de la cémentite lors de la trempe. Elle possède des propriétés magnétiques notablement différentes des autres constituants, ce qui établit une corrélation entre la dureté de l'acier et la perméabilité magnétique de celui-ci. Cette corrélation doit permettre une mesure commode de la dureté des pièces d'acier trempé, comme l'a établi récemment D. Hadfield, qui vient de présenter un appareillage simple pour cette mesure.

Crayon fluorescent

Une société américaine fabrique un crayon « fluorescent » qui, employé sur des surfaces blanches ou éclairées, laisse une trace invisible. Celle-ci n'apparaît que sous un rayonnement ultraviolet en produisant une fluorescence d'un vert brillant. Ce crayon, de 18 cm de long avec une mine fluorescente d'environ 5 mm de diamètre composée de cire et de stéarate, trouve de nombreuses utilisations : opérations au radar et de nuit sur le terrain, salles de dessin, laboratoires chimiques et techniques et en général toutes circonstances où des instructions et identifications invisibles sont désirables.

Un nouveau pas vers la définition du mètre par une longueur d'onde lumineuse

M. Henri Moreau a récemment exposé dans cette revue ([1]) les raisons qui ont décidé les métrologistes à envisager l'abandon de la définition actuelle du mètre (distance de deux traits sur une règle de platine iridié, observés dans des conditions spécifiées) et son remplacement par une définition fondée sur une longueur d'onde lumineuse. Le choix de cette longueur d'onde ne va pas sans difficultés, mais un grand pas vers leur solution vient d'être accompli, à la suite des travaux que notre éminent collaborateur M. Jean Terrien, sous-directeur du Bureau international des Poids et Mesures, vient de mener à bien avec M. Jean Hamon, et qui ont fait l'objet d'une note présentée le 23 août à l'Académie des Sciences par M. André Danjon, sous le titre : *Interférences optiques à un mètre de différence de marche*.

On sait que la lumière est une vibration électromagnétique qui se propage sous forme d'ondes; la distance des deux crêtes successives de ces ondulations est ce que l'on appelle la longueur d'onde. Une telle longueur d'onde, ayant son origine dans la production de lumière par les atomes, est une constante naturelle. On la mesure en mètres, ou plus commodément en millièmes de millimètre ou microns. On peut inversement utiliser une longueur d'onde comme étalon naturel de longueur. Le mètre ainsi défini serait plus précis et offrirait de meilleures garanties d'invariabilité, que par sa définition actuelle.

La lumière des lampes usuelles est un mélange de radiations en nombre infini ayant chacune une longueur d'onde différente. Avec des lampes spéciales, on produit un nombre limité de radiations, dites monochromatiques parce que chacune a sa couleur propre et, corrélativement, une longueur d'onde particulière. C'est sur l'une de ces radiations monochromatiques que l'on pense fonder une future définition du mètre.

Les radiations de deux de ces lampes spéciales sont activement étudiées en ce moment au Bureau International : il s'agit d'une lampe à mercure qui émet les radiations caractéristiques d'un isotope unique du mercure, de masse 198, et d'une lampe contenant l'un des isotopes de masse 84 ou 86 du krypton, l'un des gaz rares de l'air. Ces radiations sont les mieux monochromatiques que l'on connaisse actuellement. Les savants des États-Unis préfèrent la radiation verte du mercure dont la longueur d'onde est 0,546 075 32 micron, ceux d'Allemagne préfèrent la radiation jaune-vert du krypton dont la longueur d'onde ([2]) est 0,564 956 06 micron, ou la radiation orangée de ce même gaz de longueur d'onde 0,605 612 60 micron; ces longueurs d'onde sont mesurées pendant la propagation de la lumière dans l'air sec à la pression atmosphérique normale et à la température de 15° C.

Il serait trop long d'exposer par quelles méthodes on compare la longueur de ces ondes à une longueur matérielle, à la distance de deux traits sur une règle par exemple. Cette comparaison est indispensable, sinon une longueur d'onde serait un étalon inutilisable. Disons seulement que l'on fait appel aux interférences, qui consistent essentiellement en ceci : divisons en deux le train d'ondes d'un faisceau de lumière monochromatique, puis recombinons les deux parties après que chacune d'elles a parcouru une distance différente; la superposition des vibrations renforce ou diminue leur amplitude, selon que les vibrations partielles sont en phase ou diffèrent d'une demi-période, car leur mouvement s'ajoute ou se retranche. Il en résulte un accroissement ou une diminution de lumière qui est facilement observable sous forme de franges d'interférences. La différence de longueur des deux trajets s'appelle la différence de marche, et les interférences permettent de compter le nombre des longueurs d'onde comprises dans la longueur de cette différence de marche. On conçoit donc la possibilité de mesurer une longueur à partir d'une longueur d'onde connue.

Aucune radiation ne peut être strictement monochromatique, pour des raisons que la physique moderne a découvertes. La conséquence en est que les interférences perdent progressivement leur netteté lorsqu'on accroît la différence de marche. Comme l'indique la note de J. Terrien et J. Hamon, avec les radiations en usage jusqu'ici, toutes du domaine visible, la différence de marche maximum est 50 cm dans le cas du mercure, et 75 cm dans le cas du krypton; aucune d'elles ne fournit d'interférences optiques à une différence de marche de 100 cm ou 1 m. Puisque le mètre est et sera encore l'unité de longueur, il faut de toutes façons le comparer à ces longueurs d'onde, et l'on était contraint jusqu'ici de recourir à des méthodes permettant de multiplier ou d'ajouter des longueurs plus petites accessibles aux interférences.

Comment J. Terrien et J. Hamon ont-ils réussi, comme l'annonce le titre de leur communication, à produire des interférences optiques à un mètre de différence de marche ? Ce n'est pas avec une lampe nouvelle, mais avec une lampe à krypton. Guidés par des considérations théoriques, ils essayaient depuis près de deux ans des radiations monochromatiques du mercure, choisies non plus dans le domaine visible où les longueurs d'onde sont de 0,45 à 0,70 micron, mais dans le proche infrarouge où les longueurs d'onde sont voisines de 1 micron. Ces radiations infrarouges sont invisibles, les interférences ne peuvent plus être observées à l'œil, mais on peut les photographier avec des plaques spéciales, ou les détecter avec certaines cellules photoélectriques. Grâce à la longueur d'onde plus grande, ils s'attendaient à pouvoir accroître la différence de marche sans que les interférences disparaissent. Mais une seule radiation infrarouge du mercure est utilisable pratiquement, de longueur d'onde 1,014 micron, et elle n'a pas paru capable de dépasser la différence de marche de 50 cm déjà atteinte avec les radiations visibles.

Essayant ensuite diverses radiations infrarouges du krypton, l'une d'elles, assez faible, de longueur d'onde 0,9985 micron, a enfin répondu à leur espoir, et ils ont photographié les franges d'interférence produites par la superposition de deux faisceaux ayant parcouru deux trajets dont la longueur diffère de 1 m.

La preuve est donc faite que l'on peut mesurer directement, en une seule opération, une longueur de 1 m en se servant de la longueur d'onde de cette radiation infrarouge du krypton comme étalon de longueur. Même si à l'avenir la radiation choisie pour fonder la future définition du mètre n'est pas cette radiation infra-rouge, mais une radiation visible, il est facile de comparer la longueur d'onde de deux radiations, et la radiation infrarouge pourra servir aux mesures.

Telle est la portée de la découverte de J. Terrien et J. Hamon; sans aucun doute, elle suscitera dans le monde un regain d'intérêt pour les recherches destinées à donner à nos mesures de longueur une précision de plus en plus élevée par l'emploi des interférences en lumière monochromatique, et elle montre dans quelle voie ces recherches vont s'orienter désormais.

1. *La Nature*, n° 3225, janvier 1954, p. 34.
2. Ces longueurs d'onde sont celles du krypton 86 ; celles du krypton 84 sont légèrement différentes.

Le Ver à soie et son cocon



Fig. 1, 2, 3. — *A gauche* : ***Le ver à soie, au centre de son réseau de bourre, commence la coque de son cocon*** ; *au milieu* : ***La coque devenant plus épaisse, le ver disparaît à la vue de l'observateur*** ; *à droite* : ***Bouquet de cocons, plus ou moins inclinés, par rapport à l'horizon.*** (Photos Dr Huet)

A la fin du 5e âge, après la *grande frèze* [1] qui a suivi la 4e et dernière mue, le ver à soie repu s'écarte de la feuille de mûrier dont il était si friand [2]. Se déplaçant lentement, avec circonspection, il cherche à quitter sa litière. A ce stade, les Chinois, maîtres incontestés de son éducation, lui offrent des *coconnières*, sortes de grands paniers en forme de cloche aux mailles très larges; en Europe, on se contente de rameaux de bruyère (encabanage des sériciculteurs).

La sécrétion des glandes salivaires qui s'est manifestée tout au long de la vie larvaire, plus particulièrement à l'occasion de chaque mue, prend maintenant une importance de premier plan. Le ver à soie, dont le corps est devenu translucide, inspecte ses alentours immédiats, portant sa tête de tous côtés; de-ci, de-là, il fixe un fil encore grossier appelé *bourre*. Si on l'isole sur quelques branchettes, il est alors facile de suivre sa technique de construction. Les fils de la bourre s'enchevêtrant, apparemment sans ordre, finissent par former une espèce de réseau assez lâche; à un moment donné le ver, exactement placé au centre de ce réseau, commence la coque proprement dite de sa future prison (fig. 1). Les glandes salivaires sécrètent dès lors un fil régulier continu composé de deux brins. Bien campé sur ses quatre paires de ventouses, il tapisse l'intérieur de la coque de son cocon du même fil qu'il plaque par couches successives en dessinant des 8 entrelacés; de temps en temps, il s'arc-boute pour donner au cocon son volume maximum. Peu à peu, à mesure que l'épaisseur augmente le ver disparaît à la vue de l'observateur (fig. 2), mais il n'en continue pas moins son patient travail d'artisan pendant plusieurs jours. La sécrétion terminée, il se recroqueville sur lui-même, abandonne sa dépouille larvaire pour se transformer en *chrysalide*.

En observant attentivement la technique de construction de vers bien isolés (fig. 4), on peut en suivre la genèse. Dans tous les cas, le cocon achevé, on constate que ses parois externes *ne touchent jamais directement* les brindilles du support; il est complètement aérien, soutenu seulement par les fils de la bourre. En général, il est légèrement incliné par rapport à l'horizon



Fig. 4. — ***Un cocon isolé, suspendu au milieu du réseau de la bourre.***

1. La « grande frèze » est la grande faim des vers à soie à la sortie de la quatrième mue ; l'abondance de la nourriture est le facteur essentiel d'une grande production de soie.
2. J.-J. Bounhiol : Trois insectes ont bien mérité de la science : l'élevage en laboratoire de *Bombyx mori* L., *Lymantria dispar* L., et *Galleria mellonella* L. (*Revue de Zoologie agricole et appliquée*, 1938).

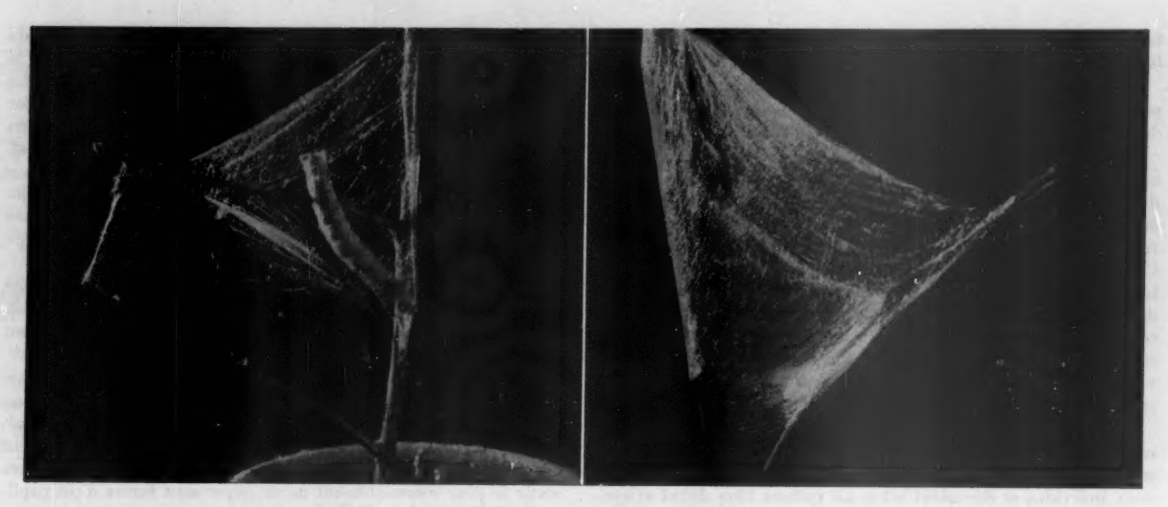


Fig. 5 et 6. — *Une fourche unique a été mise à la disposition du ver à soie.* — *A gauche :* ***Le ver construit le plan de sa bourre ;*** *à droite :* ***Incapable de confectionner son cocon, il épuise ses glandes salivaires en recouvrant de fils de soie le plan unique de la bourre primitive.***
(Photos Dr Huet).

(fig. 3). Le papillon sort toujours (49 fois sur 50) par l'extrémité supérieure. La chrysalide a donc une position bien définie, celle qui paraît la plus favorable à la sortie ultérieure du papillon, en permettant un déploiement parfait des ailes duveteuses.

Lorsque le nombre des branchettes offertes au ver à soie est important, il est difficile de se faire une idée précise de la disposition des fils de la bourre, mais on se rend compte néanmoins qu'ils ne sont pas placés au hasard. En en réduisant le nombre, on s'aperçoit que l'insecte construit d'abord un plan, puis choisit un point hors de ce plan. A une distance convenable de ce plan et de ce point, distance en rapport avec sa taille, il tissera le cocon proprement dit.

Nous nous sommes demandé ce que ferait le ver si nous lui offrions la possibilité de construire seulement un plan ?

L'expérience est très facile à réaliser. Dans un pot en terre de 10 cm de diamètre et de 12 cm de hauteur rempli de sable, nous plantons une petite fourche de bois (fig. 5). Pour empêcher le ver de sortir des limites imposées, nous mouillons légèrement la surface du sable. Dans de telles conditions que va-t-il se passer ? Le ver inspecte les deux branches de la fourche et y fixe les premiers fils de sa bourre en construisant un plan. Jusque-là rien d'anormal. Les glandes salivaires entrent alors dans la phase active; le ver se promène sur son plan, cherchant en vain un troisième point d'appui. Bien campé sur ses ventouses, il porte sa tête dans toutes les directions. Tout au long de ses tentatives, il étire le fil qui sort de sa bouche sans pouvoir en suspendre la sécrétion. Implacablement rivé à son plan de soie, ne pouvant se retourner sur lui-même, il ne peut que l'augmenter de couches successives. La totalité de la salive sera ainsi déversée sans discontinuité (fig. 6); l'insecte, mû par une série de réflexes inexorables, ne cherche même plus un troisième point d'appui. Au terme de cette activité physiologique, il tombera épuisé sur le sable et là, à nu, sans aucune protection, il se transformera en chrysalide. Notons qu'elle est normale et donnera par la suite un papillon fécond.

L'expérience dont on peut suivre le déroulement par la série des photos que nous publions, photos originales dues à notre collègue le docteur Huet, peut être répétée; elle aboutira toujours au même résultat.

Nous avons cherché à compliquer le problème pour l'insecte en simplifiant le support. Qu'adviendrait-il, si on ne lui donnait qu'un bâton dressé verticalement ?

La figure 7 est plus explicite qu'une longue description. Le ver parcourt ce bâton en montant et en descendant, il y applique tout d'abord ses premiers fils de bourre, puis il l'enrobe complètement d'une gaine de soie. Au terme de la sécrétion, il tombera sur le sable pour s'y transformer en chrysalide.

Un artifice expérimental est nécessaire au début : il faut remplir d'eau le pot de sable de telle manière qu'elle affleure d'au moins un doigt pour empêcher l'évasion du ver à soie. Par la



Fig. 7. — *Bâton enrobé de fils de soie.*
En bas, sur le sable, le ver transformé en chrysalide.

suite, lorsque le mécanisme est déclenché, l'insecte reste de lui-même sur ses premiers fils soyeux.

Avant de tirer de ces expériences les conclusions qui s'imposent, indiquons brièvement les observations qui nous ont donné l'idée de les concevoir puis de les réaliser.

Chaque fois que l'on élève un certain nombre de vers à soie, on a l'occasion d'en voir deux, quelquefois trois, s'enfermer dans la même coque. Ces cocons doubles ou triples sont connus de tous temps; on cherche à en diminuer le nombre pour la simple raison qu'ils sont *indéfilables*. Depuis des siècles, les Chinois massacrent impitoyablement les vers qui ont de telles habitudes pour en éviter la transmission héréditaire; or, en dépit de cette sélection, on en retrouve toujours. L'origine du comportement de ces vers est inconnue. Ont-ils des tendances sociales ? Peut-être. Il n'est pas douteux que les vers aiment vivre côte à côte, qu'ils se développent mieux quand ils sont ensemble qu'isolés.

Quoi qu'il en soit, on peut les observer lorsqu'ils sont enfermés dans la même coque tout au début du filage. Chacun file son cocon sans se soucier de son voisin. Les mouvements des deux individus se déroulent selon un rythme bien défini et synchrone, il se trouve que leur position réciproque est en quelque sorte symétrique. Il apparaît ainsi nettement que le ver construit son cocon sans savoir ce qu'il fait et sans savoir bien entendu ce que fait son compagnon.

Cette observation nous ayant rendu sensible le mécanisme du filage qui se déroule selon des lois inexorables sans que la volonté de l'insecte entre en jeu, il était facile de concevoir les expériences de démonstration. Descartes a bien montré que les animaux sont des « machines », mais nous avons toujours une grande répugnance à nous rallier à son opinion. L'anthropomorphisme et le goût du merveilleux sont des leurres auxquels nous sommes très sensibles. Comment imaginer qu'un cocon de soie, si remarquable dans sa contexture, si harmonieux dans ses formes, puisse être le résultat d'un travail mené sans aucune intelligence ni raison ? Il faut pourtant s'en convaincre.

Ainsi le filage du cocon par le ver à soie est une activité inconsciente, soumise à des lois précises qui se déroulent selon des processus implacables. La mécanique déclenchée suit un cours inévitable quelle qu'en puisse être l'absurdité.

Cette stupidité du ver à soie n'en est pas moins admirable en dépit des apparences. Il ne sait pas qu'il tisse un cocon; au cours de son travail, il se retourne des centaines de fois sur lui-même dans tous les sens et, en définitive, il s'arrête exactement au moment précis où, sa métamorphose étant achevée, il pourra sortir le plus commodément de sa coque sous forme d'un papillon parfait.

Docteur Maurice Mathis,
Chef de laboratoire
à l'Institut Pasteur de Tunis.

Toxines et antitoxines chez les plantes

La biologie d'aucun être vivant ne peut être bien comprise en faisant abstraction de son milieu, et il faut entendre ce terme dans son sens le plus général, en y incluant notamment les autres espèces vivantes. Les interactions des espèces sont extrêmement complexes dans les milieux naturels; la science qui s'en préoccupe, l'Écologie, est à peine dans son enfance et n'a pas encore achevé de se créer des méthodes et un vocabulaire accepté de tout le monde. Mais quelques faits sont déjà bien mis en lumière.

Un des processus les plus importants par lesquels des êtres vivants agissent sur le milieu qui les entoure est l'ensemble des transformations chimiques qu'ils font subir à ce milieu. Ainsi les bactéries conditionnent étroitement l'évolution de certaines matières organiques et minérales du sol et par là le développement des plantes. C'est un fait connu depuis longtemps et qui domine toute la science des sols végétaux. On a aperçu en même temps que les microbes agissaient les uns sur les autres, certaines espèces sécrétant des substances qui entravent le développement d'autres espèces. Cette action toxique est également le fait d'une multitude de champignons, et cette constatation a conduit à l'utilisation des antibiotiques.

Tous ces faits ne sont que des cas particuliers d'une réalité bien plus générale. Les êtres vivants, de par leur activité chimique propre, prélèvent des substances dans le milieu et y rejettent d'autres substances. Aucune activité vitale ne peut se dérouler sans production de déchets. En se débarrassant de ces déchets, chaque être vivant n'accomplit donc qu'un acte très banal de nettoyage interne. Mais en outre, comme ces déchets sont souvent toxiques pour d'autres êtres, cela peut constituer un moyen de défense, un moyen d'écarter des ennemis ou des concurrents. Cet effet, secondaire à l'origine, peut ensuite devenir essentiel, se fixer et se spécialiser sous l'influence de la sélection naturelle.

De même que, selon les espèces et les circonstances, champignons et microbes collaborent ou au contraire se livrent une véritable guerre chimique, on avait constaté que, si certaines plantes s'associent volontiers, d'autres ne se rencontrent jamais ensemble. On savait que les racines des plantes supérieures sécrètent dans le sol des substances analogues à des antibiotiques ou à des toxines. M. Louis Emberger a récemment transmis à l'Académie des Sciences (*C. R.*, 1954, t. **238**, p. 2185) une note de M. Gabriel Deleuil dont les expériences confirment ce fait et feraient penser en outre que certaines plantes sont capables, en présence de ces toxines, d'élaborer des antitoxines.

Les expériences ont été faites sur trois plantes sauvages, un ail (*Allium Chamaemoly*), la pâquerette annuelle (*Bellis annua*) et une hyoséride (*Hyoseris scabra*). M. Deleuil avait remarqué qu'à l'ouest de Marseille ces trois plantes poussent fréquemment en mélange. On trouve aussi réunies l'ail et la pâquerette, ou la pâquerette et l'hyoséride. Mais jamais on ne trouve en tête à tête l'ail et l'hyoséride, à l'exclusion de la pâquerette annuelle.

M. Deleuil a procédé alors à des cultures de ces plantes en pots, selon diverses combinaisons. Il a d'abord établi que l'ail sécrétait une substance toxique pour l'hyoséride, de sorte que si on sème cette composée dans une terre où l'ail a poussé, elle ne s'y développe pas. De l'eau ayant lavé la terre où l'ail était installé a le même pouvoir toxique.

Dans les mêmes conditions, la pâquerette souffre d'abord, puis elle prend le dessus et finit par prospérer. En multipliant les expériences avec des eaux de lavage de sols ayant contenu l'ail ou la pâquerette, M. Deleuil a établi que la pâquerette devait sécréter une substance qui neutralise la sécrétion toxique de l'ail. Et c'est de cette neutralisation que profite l'hyoséride.

La façon dont la pâquerette réagit laisse à penser qu'elle répond à la toxine de l'ail par la production d'une antitoxine. Le parallélisme serait étroit avec les phénomènes bien connus en bactériologie. Un tel parallélisme n'aurait rien qui dût surprendre, mais il ouvrirait un intéressant champ de recherches pour l'étude de l'évolution des peuplements végétaux.

P. O.

LE CIEL EN NOVEMBRE 1954

SOLEIL : du 1er au 30 sa déclinaison décroît de $-14°21'$ à $-21°36'$; la durée du jour passe de $9^{h}52^{m}$ le 1er à 8h33m le 30 ; diamètre apparent le 1er = $32'17'',1$, le 30 = $32'32'',5$. — **LUNE :** Phases : P. Q. le 3 à $20^{h}55^{m}$, P. L. le 10 à $14^{h}29^{m}$, D. Q. le 17 à $9^{h}32^{m}$, N. L. le 25 à $12^{h}30^{m}$; *périgée* le 10 à 13^{h}, diamètre app. $33'30''$; *apogée* le 24 à 0^{h}, diamètre app. $29'24''$. Principales conjonctions : avec **Mars** le 3 à 20^{h}, à $5°3'$ S. ; avec **Uranus** le 15 à 10^{h}, à $2°29'$ N., et avec **Jupiter** à 14^{h}, à $2°25'$ N. ; avec **Neptune** le 22 à 17^{h}, à $6°52'$ N. ; avec **Saturne** le 24 à 3^{h}, à $6°23'$ N. ; avec **Mercure,** même date, à 4^{h}, à $5°57'$ N., et avec **Vénus** à 7^{h}, à $2°30'$ N. Principales occultations : de κ *Verseau* (mag. 5,3), immersion à $23^{h}57^{m},2$; de κ *Poissons* (mag. 4,9), immersion à $22^{h}30^{m},3$. — **PLANÈTES : Mercure,** plus grande élongation du matin le 15, à $19°11'$ Ouest du Soleil, en conjonction avec *Saturne* le 24 à 1^{h} (Mercure à $0°25'$ S.); et avec *Vénus* le 25 à 5^{h} (Mercure à $2°58'$ N.) ; **Vénus** en conjonction inf. avec le Soleil le 15, réapparaît le matin à la fin du mois, en conjonction avec *Saturne* le 29 à 0^{h} (Vénus à $2°32'$ S.) ; **Mars,** dans le *Capricorne*, astre du soir, se couche à $22^{h}13^{m}$ le 9, diamètre app. $9'',0$; **Jupiter,** dans le *Cancer*, se lève à $20^{h}13^{m}$ le 21, observable jusqu'au lever du jour, diamètre pol. app. $29'',2$; **Saturne,** dans la *Balance*, visible le matin à la fin du mois, se lève le 21 à $5^{h}43^{m}$; **Uranus,** dans le *Cancer*, visible presque toute la nuit, se lève le 27 à $19^{h}35^{m}$, position : $7^{h}59^{m}$ et $+21°11'$, diamètre app. $3'',8$; **Neptune,** dans la *Vierge*, astre du matin, se lève à $3^{h}49^{m}$ le 27, position : $13^{h}46^{m}$ et $-9°9'$, diamètre app. $2'',4$. — **ÉTOILES FILANTES :** *Léonides*, radiant ζ *Lion*, maximum le 16 ; *Andromédides*, du 17 au 23, radiant γ *Andromède*. — **ÉTOILES VARIABLES :** minima observables d'*Algol* ($2^{m},3$-$3^{m},5$) le 3 à $2^{h},7$, le 5 à $23^{h},5$, le 8 à $20^{h},3$, le 11 à $17^{h},2$, le 23 à $4^{h},4$, le 26 à $1^{h},2$, le 28 à $22^{h},0$; minima de β *Lyre* ($3^{m},4$-$4^{m},1$) le 1er à $18^{h},7$, le 14 à $17^{h},1$, le 27 à $15^{h},4$; maximum de R *Cassiopée* ($4^{m},8$-$13^{m},6$) le 7. — **ÉTOILE POLAIRE :** Passage sup. au méridien de Paris : le 7 à $22^{h}37^{m},44^{s}$, le 17 à $21^{h}58^{m},22^{s}$, le 27 à $21^{h}18^{m},59^{s}$.

Phénomènes remarquables. — Rechercher **Mercure à sa plus grande élongation occidentale,** dans le ciel du matin, quelques jours de part et d'autre du 15 (élongation très favorable pour nos latitudes). — Du 14 au 20, observer les **étoiles filantes Léonides,** météores rapides, avec traînées. — Le 25, observer dans l'aurore la **conjonction de Vénus et de Saturne.**

(Heures données en **Temps universel** ; tenir compte des modifications introduites par l'heure en usage).

G. FOURNIER.

LES LIVRES NOUVEAUX

Atomic Energy a survey, par J. ROTBLAT. 1 vol. 15×23, 72 p., 9 fig., Taylor and Francis Ltd, Londres, 1954. Prix, broché : 4 sh. 6 d. ; relié : 6 sh. 6 d.

Série de conférences prononcées en janvier et février 1954, sous les auspices de l'Atomic Scientists' Association et du Department of Extra-Mural Studies, à l'Université de Londres. Sujets traités : recherches sur l'énergie atomique à Harwell, par Sir John D. Cockcroft ; engins atomiques, par O. R. Frisch ; puissance de l'énergie atomique, par F. E. Simon ; risques de radiations en énergie atomique, par J. F. Loutit ; emplois médicaux de l'énergie atomique, par Dr E. E. Pochin ; conséquences morales, par Kathleen Lowsdale et par Sir George P. Thomson.

La physique des nuages, par Jean BRICARD. 1 vol. 14×19, 343 p., 88 fig., 8 pl. hors-texte. Presses Universitaires de France, Paris, 1953. Prix : 1 500 F.

Les nuages matérialisent aux yeux de tous l'importante circulation d'eau qui se fait dans l'atmosphère, des océans vers les continents. A l'instar des espèces vivantes, ils ont été classés en espèces, genres et familles. Tout comme en biologie, cette classification, qui se fonde sur l'anatomie comparée, n'est pas une fin en soi. Il faut ensuite passer à l'étude physiologique, chercher comment un nuage naît, se développe, meurt par évaporation ou se résout en précipitations. Plus encore qu'en biologie, l'étude du milieu est ici primordiale puisque le nuage est un produit direct de ce milieu, qu'il ne cesse d'en faire partie intégrante, qu'il en modifie instantanément l'aspect et les propriétés. L'étude des grandes masses d'air et des conditions de leurs affrontements est donc capitale, ainsi que celle des précipitations et de l'électricité atmosphérique. Les charges électriques des nuages ont donné lieu à des observations et à des mesures selon des méthodes variées et à des calculs laborieux. Le mécanisme de l'éclair, comme la formation de la pluie, a suscité de nombreuses hypothèses dont aucune ne s'est définitivement imposée. Ce livre résume les récents développements d'une science en pleine évolution.

Cours de calcul tensoriel appliqué (géométrie différentielle absolue), par Maurice DENIS-PAPIN et A. KAUFMANN. 1 vol. 16×25, 392 p., 134 fig. Albin Michel, Paris, 1953. Prix : 3 302 F.

Troisième volume d'une remarquable trilogie consacrée aux procédés modernes de calcul, et dont les deux premiers traitent respectivement du calcul opérationnel et du calcul matriciel, cet ouvrage met à la portée des ingénieurs une méthode puissante mais d'accès jusque-là difficile aux non-spécialistes. Après un exposé général du calcul tensoriel, les principales applications classiques sont développées : dynamique des solides, mécanique des milieux continus, relativité restreinte. Un chapitre est consacré aux applications électriques récentes, dues pour la plupart à l'ingénieur américain Kron.

Analyse matricielle des réseaux électriques, par P. LE CORBEILLER. Traduit de l'anglais par G. Lehr. 1 vol. 14×22, 124 p., 49 fig. Dunod, Paris, 1954. Prix : 960 F.

Les méthodes développées par G. Kron pour l'application des théories tensorielles à l'étude des machines électriques tournantes constituent sans contredit l'une des plus grandes découvertes qui se soient produites dans ce domaine. Mais l'exposé initial de Kron nécessite de ceux qui l'abordent une culture mathématique élevée en raison de l'usage de concepts tensoriels relativement ardus. C'est une des raisons pour lesquelles il est resté peu connu dans le domaine des sciences appliquées. L'auteur s'est proposé de fournir un exposé des méthodes de Kron dans le cas simple mais important des réseaux électriques fixes. Il fait seulement appel au calcul matriciel, outil mathématique dont l'usage tend à devenir courant. Un chapitre d'introduction permet au lecteur de s'initier de façon claire et précise à ce calcul. La méthode des mailles, celle des nœuds et la méthode mixte sont ensuite exposées de façon à la fois concise, simple et complète.

Préparation des minerais non ferreux aux États-Unis. 1 vol. 21×27, 210 p. O.E.C.E., Paris, 1953. Prix : 600 F.

Ce rapport de la Mission qui a parcouru les États-Unis et le Canada au début de 1951 contient un grand nombre d'informations sur les traitements les plus récents des minerais non ferreux et des minéraux non métalliques. On y trouve une description analytique de la technique américaine des minerais et une série de monographies des usines visitées. En appendice, un vocabulaire des principaux termes miniers établi en français, anglais, allemand et italien. Documentation très utile au moment où l'on est appelé à exploiter des gîtes de teneur faible.

Pulp and Paper Manufacture. Tome III : *Manufacture and Testing of Paper and Board*, par J. NEWELL STEPHENSON. 1 vol. 16×24, 945 p., 225 fig. McGraw-Hill, New-York et Londres, 1953. Prix : 18 sh. 6 d.

C'est le troisième d'une série d'ouvrages sur la fabrication des pâtes et des papiers, rédigés par des spécialistes sous l'égide du Joint Textbook Committee of the Pulp and Paper Industry of the United States and Canada. Il décrit la fabrication des papiers et des cartons avec les machines et les techniques modernes, les méthodes d'essais physiques, les examens microscopiques et les analyses chimiques des papiers. Les fabricants, techniciens et utilisateurs trouveront dans cette série une documentation très complète et mise à jour de l'industrie des pâtes, des papiers et des cartons.

Matériel et méthodes de manutention aux U.S.A. 1 vol. 15,5×24, 182 p., 42 fig. O.E.C.E., Paris, 1953. Prix : 450 F.

Rapport d'une mission d'experts européens aux États-Unis. Il décrit les modèles les plus récents des divers transporteurs pour produits en vrac et ceux utilisés pour les produits emballés, avec les particularités mécaniques de chaque matériel et de son emploi.

Matériel et génie chimiques, par Ch. VANDANGE. 1 vol. 16×25, 400 p., 286 fig. Dunod, Paris, 1953. Prix, relié : 3 200 F.

Depuis quarante ans, les industries chimiques ont considérablement augmenté leur production. Leur organisation est de plus en plus complexe et l'on a vu se créer une nouvelle profession, celle de l'ingénieur du génie chimique. Elle exige des études spéciales. On trouvera dans cet ouvrage une étude générale des méthodes utilisées pour la conception et la réalisation des usines chimiques : appareils, matériaux, contrôle, etc. Il mettra les débutants au courant des notions industrielles primordiales qui ne trouvent pas place dans les cours de chimie théorique. Il s'adresse aux ingénieurs-chimistes appelés à équiper une usine, à mettre en œuvre un procédé de fabrication, à diriger un service d'exploitation, etc. Ils y trouvent les bases nécessaires à l'exécution des tâches de plus en plus diverses de l'industrie chimique.

Aspects de l'industrie automobile aux U.S.A. 1 vol. 15,5 × 24, 93 p. O.E.C.E., Paris, 1953. Prix : 300 F.

Rapport d'une mission chargée en 1951 d'une enquête sur divers aspects de l'industrie américaine : fabrication des pièces d'assemblage par les sous-traitants ; normalisation des pièces ; conversion des installations en vue des fabrications pour la défense ; méthodes de gestion de l'industrie automobile. La mission formule des recommandations en vue d'améliorer en Europe la production de l'industrie automobile et la politique générale à adopter en faveur des travailleurs, des clients et des actionnaires.

L'énergie dans les territoires d'Outre-Mer. 1 vol. 15×24, 48 p., 1 carte. O.E.C.E., Paris, 1953. Prix : 200 F.

Cette brochure étudie les sources actuelles d'énergie dans les territoires en Afrique, au sud du Sahara et en Surinam, l'évolution probable des besoins, puis les projets envisagés et leurs aspects économiques et financiers.

Les instruments scientifiques aux XVIIe et XVIIIe siècles, par Maurice Daumas. 1 vol. 18,5 × 23,5, 417 p., 11 fig., 137 photos hors-texte. Presses Universitaires de France, Paris, 1953. Prix : 2 000 F.

Le progrès des sciences est naturellement lié à la possibilité d'apercevoir des objets, de mettre en évidence des phénomènes nouveaux ou, ce qui revient au même, à les voir ou à les mesurer avec plus de détail et de précision. Cette exactitude, liée à la possibilité de réaliser certains dispositifs, exige des conditions préalables. Un savant peut concevoir un appareil, en imaginer même les modalités de fabrication ; il faut encore qu'un artisan soit capable de le réaliser. Quiconque ne considérerait que les connaissances en optique théorique acquises au XVIIe siècle s'étonnerait que la lunette astronomique et le microscope ne se soient pas répandus plus vite, que certains astronomes aient préféré longtemps se servir d'alidades à pinnules alors que les lunettes étaient déjà bien connues. Mais la réalisation de lentilles convenables dépendait de la qualité du verre, des techniques de taille et de polissage, et tout cela était livré au hasard de l'empirisme ; en outre, en France surtout, les monopoles des corporations étaient une grande gêne pour les innovateurs. De tous ces aspects d'une évolution difficile, l'auteur fait ici une analyse claire et pénétrante et achève de se classer parmi les meilleurs historiens des sciences et des techniques, dont il montre l'interdépendance avec les autres éléments de la civilisation.

Dynamics of Growth Processes, par E. J. Boell. 1 vol. in-8°, 300 p. Princeton University Press, 1954. Prix, entoilé : 7,50 dollars.

Aux États-Unis, la *Société pour l'étude du développement et de la croissance* organise chaque année un symposium dont les communications étaient autrefois publiées sous forme de suppléments à la revue *Growth*, mais celles de 1952 forment le livre que voici. Les treize études présentées vont de la reproduction des virus à un essai mathématique sur les populations. Citons deux communications qui concernent des préoccupations particulièrement actuelles : différenciation cellulaire et tissulaire en rapport avec la croissance, d'une part chez les animaux, d'autre part chez les plantes.

La sexualité, par Jules Carles. 1 vol. 11×16,5, 204 p., 16 fig. Armand Colin, Paris 1953. Prix : 250 F.

La répartition des êtres vivants en mâles et femelles fait partie des notions acceptées avant toute réflexion. La notion de sexualité a même été étendue, dès l'origine sans doute, aux êtres inanimés et aux phénomènes naturels élevés au rang de divinités. Or une observation plus attentive nous découvre qu'en fait les êtres vivants eux-mêmes ne se laissent pas toujours classer facilement en deux sexes nettement définis, comme les animaux supérieurs. Et ce qui nous apparaît alors comme des exceptions, ce sont des faits tout aussi normaux, tout aussi naturels, et dont l'étude peut nous éclairer sur l'origine et sur la signification véritable des phénomènes qui nous sont plus familiers. Telle est la première réflexion qui se dégage de ce petit livre où l'on trouvera clairement résumés tous les aspects biologiques de cette question.

Les champignons, par Fernand Moreau. 2 vol. 16,5×25. Tome I (Physiologie, morphologie et développement), 940 p., 465 fig. Tome II (Systématique), 1180 p., 835 fig. Lechevalier, Paris, 1953, 1954. Prix, les deux vol. : 26 000 F.

Le professeur de l'Université de Caen nous a apporté une véritable somme de la science mycologique actuelle. Dans un style clair, attrayant, sans longueurs, toutes les particularités de ces êtres si curieux, si mystérieux encore, sont finement analysées. Comme les animaux, les champignons se nourrissent aux dépens d'autres êtres, vivants ou morts, mais les modalités de cette nutrition sont multiples, posant au physiologiste et au chimiste de nombreux problèmes. Comme les microbes, les champignons parasites arrivent à composer avec leurs victimes, réalisant ce qu'on appelle une symbiose. L'auteur montre tout ce que cette notion a de relatif et comment l'on passe aux phénomènes d'antagonisme physiologique par une riche gamme de variantes. Si les faits perdent en simplicité logique, ils gagnent en valeur significative ; on aperçoit comment l'évolution a pu se faire par des adaptations progressives du parasite et du parasité. Les antagonismes des champignons entre eux, et avec les bactéries, forment un autre chapitre de cette histoire ; on sait son développement pratique avec l'usage des antibiotiques. Des réflexions d'un ordre tout aussi général peuvent être faites à propos de la sexualité ; c'est chez les champignons qu'on peut saisir à la fois la sexualité à l'état d'ébauche et dans sa plus extrême dégradation, ainsi que dans ses modalités les plus étranges. La simplicité et la plasticité des formes, une exubérante vitalité, ont permis aux champignons d'extraordinaires adaptations ; des phénomènes physiologiques qui, dans les autres êtres sont étroitement liés au point que nous les confondions, évoluent ici pour leur propre compte, ce qui permet de mieux les analyser. L'étude de la physiologie des champignons est donc du plus haut intérêt pour la biologie générale et c'est toute la biologie que sert un ouvrage comme celui de M. Moreau.

La médecine totale, par L. Dalmas. 1 vol. in-12, 303 p. Julliard, Paris, 1954. Prix : 720 F.

Au sens de l'auteur, journaliste spécialisé dans les questions médicales, la « médecine totale » est celle des cas difficiles. Son livre expose quelques problèmes actuels : allergie, réactions de défense, hibernation artificielle, maladies des tissus, réactions nerveuses, psychosomatique. Il décrit les recherches, résume les théories et opinions avec un évident souci d'information impartiale.

Les détersifs en hygiène et cosmétique, par W. Kopaczewski. 1 vol. 16×25, 152 p., 8 fig., 14 tabl. Masson, Paris, 1954. Prix : 1 800 F.

Les détersifs naturels ou de synthèse utilisés en hygiène ou en cosmétique ne doivent pas être choisis au hasard. Le tissu vivant réagit au contact de ces produits. Ceux-ci ne doivent être ni irritants, ni toxiques, ni déshydratants, etc. La résorption de certains produits peut entraîner des chocs dermiques, des néoformations locales, etc., que le seul contact peut quelquefois produire. La première partie traite des détersifs et de leurs propriétés générales, des modifications qu'ils apportent dans l'équilibre et l'hydratation des colloïdes. La deuxième partie, réservée à l'étude de la résorption biologique, aux problèmes d'allergie, de sensibilisation, de choc, de néoformation, est recommandée à l'attention des techniciens des produits d'entretien et de beauté. On pourra ainsi éviter le lancement hâtif de spécialités insuffisamment mises au point, dont l'usage se montre dangereux à la longue.

L'intelligence des animaux, par Marcel Sire. 1 vol. 15 × 21, 304 p., 73 dessins, 24 pl. de photos. Hachette, Paris, 1954. Prix : 945 F.

L'auteur de ce très bon livre semble avoir lu la quasi-totalité de la littérature sur la question. Il expose de façon précise et scientifique les problèmes essentiels posés par la structure du comportement adaptatif nouveau. Il entend en effet le terme « intelligence » (comme beaucoup d'auteurs d'ailleurs, tels que de Montpellier, qu'il ne cite pas) d'une manière très large : la faculté d'acquérir, soit par apprentissage, soit par intellection immédiate. Nous préférons, quant à nous, une terminologie plus stricte réservant le nom d'intelligence à ce dernier cas. Peu importe, puisque M. Sire ne confond aucunement « insight » et « learning ». Très bons chapitres sur la méthode des essais et des erreurs, les labyrinthes, la boîte à discrimination, et surtout sur ces découvertes nouvelles que sont la hiérarchie chez les animaux, les performances des rats ou des Anthropoïdes. Tout cela est abordé avec sérieux, bien que la collection soit destinée à un vaste public. Les photographies souvent inédites en France, sont très belles, et les schémas très parlants. On regrette cependant l'absence d'un chapitre sur la mémoire, l'absence aussi de références, au sujet de l'instinct, à l'ouvrage de Tinbergen et, en général, aux travaux de l'école objectiviste et gestaltiste.

Le gérant : F. Dunod. — Dunod, éditeur, Paris. — Dépôt légal : 4e trimestre 1954, n° 2596. — Imprimé en France.
Barnéoud frères et Cie, imprimeurs (310566), Laval, n° 3021. — 10-1954.

Le gérant : F. DUNOD. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 4e TRIMESTRE 1954, No 2596. — IMPRIMÉ EN FRANCE.
BARNÉOUD FRÈRES ET Cie, IMPRIMEURS (310566), LAVAL, No 3021. — 10-1954.